

地震次生水灾害与水问题应对措施

中华人民共和国水利部

2008 年 5 月

目 录

一、水库大坝险情应对措施	1
(一) 险情检查.....	1
1. 水库特征检查.....	1
2. 坝体检查.....	1
3. 输、泄水洞(管)检查	2
4. 溢洪道检查.....	2
5. 闸门及启闭机检查.....	2
6. 其他设备检查.....	2
(二) 水情监测.....	3
1. 上游天气监测与降雨预报.....	3
2. 库区水情监测.....	3
(三) 应急抢险措施.....	4
1. 土坝漫顶的抢护.....	4
2. 防风浪冲击.....	6
3. 土坝脱坡抢护.....	7
4. 滑坡治理.....	9
5. 护坡措施.....	10
6. 坝体裂缝处理.....	11
7. 坝体渗漏防治.....	13
8. 散浸、渗漏、漏洞及陷坑抢护	15
9. 管涌抢护.....	19
10. 涵洞、管道漏水处理.....	20
11. 涵管、溢洪道下游冲刷处理	20
(四) 应急预案及实施.....	20
1. 水库下游溃坝影响范围快速评估	20
2. 应急预案编制.....	21
3. 应急指挥机构.....	21
4. 预警和预报发布.....	21
二、堰塞湖险情应对措施	23
(一) 堵江堆积体监测.....	23
(二) 堰塞湖应急处理技术.....	24
1. 基本原则.....	24
2. 现场应急检查.....	24
3. 应急处理技术.....	25
(三) 堰塞湖溃决风险分析.....	25
1. 建立监测系统.....	25
2. 基本信息收集.....	26
3. 稳定和溃坝风险分析	27
4. 预警和警报的发布.....	27
(四) 堰塞湖溃决临灾预案.....	27
1. 堰塞湖次生灾害应急预案的宣传	27
2. 堰塞湖灾害应急防范“明白卡”	28

3. 预先选定临时避灾场地	28
4. 预先选定撤离路线、规定预警信号	28
5. 落实公布责任人	28
6. 预先做好必要的物资储备	28
(五) 堰塞湖综合治理	28
1. 滑坡堵江坝工程治理分析	29
2. 滑坡堵江坝工程治理措施	29
三、堤防险情应对措施	32
(一) 洪水预报	32
(二) 堤防险情与隐患诊断	32
(三) 堤防破坏的应急除险加固	32
1. 漏洞险情的抢护方法	33
2. 管涌险情的抢护方法	35
3. 渗水险情的抢护方法	40
4. 接触冲刷险情的抢护方法	43
5. 漫溢险情的抢护方法	45
6. 风浪险情的抢护方法	47
7. 临水面滑坡的抢护方法	52
8. 背水面滑坡的抢护方法	53
9. 崩岸险情的抢护方法	56
10. 裂缝险情的抢护方法	61
11. 跌窝的抢护方法	63
12. 决口抢险的实施	64
(四) 堤防溃决影响范围快速评估	67
(五) 预警和警报的发布	67
四、安全饮水应对措施	69
(一) 地震次生水环境问题	69
(二) 地震次生水污染的应对措施	70
(三) 寻找水质合格的水源	70
(四) 饮用水水源水质状况快速简易鉴别方法	71
(五) 污染水体快速处理方法	73
五、灌溉系统应急修复措施	74
(一) 小型机组供水(灌溉)系统	74
(二) 管道系统应急修复措施	75
(三) 防渗渠道应急修复措施	77

地震次生水灾害与水问题应对措施

一、水库大坝险情应对措施

强烈地震等自然灾害的发生，易引发水库大坝出现各种险情，土石坝常见险情主要包括洪水漫顶、脱坡滑坡、坝体裂缝、散浸、渗漏、漏洞、陷坑、管涌等，此外风浪冲击、水流冲刷等也会加剧险情的扩大。大坝险情万一抢护不及时，易导致发生溃坝事故，造成极为严重的灾难性后果。要做到及时有效地抢护大坝险情，应做好险情检查、水情监测、抢险技术及物资储备等基础工作，并根据有关规定制定切实可行的应急预案。

（一）险情检查

在地震灾害发生后，为保证大坝及下游人民生命财产安全，应及时进行大坝安全现场检查和快速评估。评估内容包括大坝沉降和水平变形、裂缝、坝坡是否塌滑、下游坡是否存在集中渗漏或大面积渗水、溢洪道启闭设备能否正常运行、近坝库岸是否有大的滑坡体等。

1. 水库特征检查

水库特征检查包括大坝高度、水库上游雨水情测报点是否齐备有效、水库是否能有效运行、水库库区有无浸没、塌方、滑坡以及库边冲刷等现象，坝址附近地形地貌有无变化，坝区和上坝公路附近有无可能塌方、滑坡、山洪泥石流等影响道路通行安全的问题。

2. 坝体检查

（1）坝顶。有无裂缝、异常变形、积水等现象；防浪墙有无开裂、挤碎、架空、错位、倾斜等情况；

（2）迎水坡。有无裂缝、崩塌、剥落、滑坡迹象，有无隆起、塌坑、架空、冲刷、堆积等现象；近坝坡水面有无漩涡等异常现象；

（3）背水坡及坝趾。有无裂缝、崩塌、滑动、隆起、塌坑、堆积、湿斑、冒水、渗水或管涌等现象；排水系统有无堵塞、破坏；草皮护坡是否完好；排水棱体、集水沟、导渗减压设施等有无异常或破坏现象；

（4）坝基。基础排水设施是否正常；渗漏水的水量、颜色、气味及浑浊度、

酸碱度、温度有无变化；坝下游有无沼泽化、渗水、管涌、流土等观象；上游铺盖有无裂缝、塌坑；坝基及下游附近有无液化现象；

(5) 坝端。坝体与岸坡接合处有无裂缝、渗水等现象；两岸坝端区有无裂缝和滑坡迹象，是否存在隆起、塌坑、绕渗现象，是否存在蚁穴、兽洞等隐患。

3. 输、泄水洞（管）检查

(1) 引水段。有无堵塞、淤积；两岸边坡有无崩塌；

(2) 进水塔(或竖井)。有无裂缝、渗水、倾斜或其他损坏现象；

(3) 洞(管)身。洞壁有无纵横向裂缝、空蚀、剥落、渗水等现象；放水时洞内声音是否正常；

(4) 出口。放水期水流形态、输水量及浑浊度是否正常；停水期是否有渗流水；

(5) 消能工。有无冲刷、磨损、淘刷或砂石、杂物堆积现象；下游河床及岸坡有无异常冲刷、淤积和波浪冲击破坏等情况。

4. 溢洪道检查

(1) 进水段(引渠)。有无坍塌、崩岸、淤堵或其他阻水现象；流态是否正常；糙率是否有异常变化；

(2) 堰顶或闸室、闸墩、胸墙、溢流面。有无裂缝、渗水、剥落、错位、冲刷、磨损、空蚀等现象；伸缩缝、排水孔是否完好；

(3) 消能工。检查项目与输、泄水洞(管)同。

5. 闸门及启闭机检查

(1) 闸门。有无变形、裂纹等损坏现象；门槽有无卡堵、气蚀等情况；启闭是否灵活；开度指示器是否清晰、准确；止水设施是否完好；部分启闭时有无振动情况；吊点结构是否牢固；钢丝绳或节链、栏杆、螺杆等有无裂纹、断丝、弯曲等现象；漂浮物等是否影响闸门正常工作和安全。

(2) 启闭机。运转是否灵活；制动、限位设备是否准确有效；电源、传动、润滑等系统是否正常；启闭是否灵活可靠。

6. 其他检查

1) 观测设施是否完好。

2) 通讯和照明设施是否正常。

3) 交通道路有无损坏和阻碍通行的地方。

（二）水情监测

1. 上游天气监测与降雨预报

上游天气监测与降雨预报对大坝险情的判断和处理非常重要。通常采用的依据：

1. 地面雨量站。在地面设置雨量计连续监测所在位置的降雨量，观测人员每日定时采集数据。有的雨量计可连续自动记录，或可将降雨量用无线通讯装置自动发报到中心站。

2. 雷达雨量站。根据空中雨滴、云团中水汽凝结物对雷达发射的电磁波的反射强度来测量降雨中心位置、强度、移动速度等。

3. 卫星/航拍云层监测。在气象卫星上装有可见光和红外及微波辐射仪器，从而可以得到卫星云图。根据云图的连续变化了解气旋、降雨和暴雨云团等天气系统的演变情况。

4. 降雨预报。根据气象部门发布的降雨预报，收集雨量、雨强、历时、降雨笼罩面积等基础信息，结合水文测报，可演算库区降水及上游来水等有关情况。

2. 库区水情监测

将野外观测到的河、湖和水库等水体的水位、流量，水库和闸坝的闸门启闭、放水泄流等水情资料，借助于各种通讯工具（有线、无线通信，遥测，卫星等）传递到各级水情管理和防汛抗旱部门，或者资料处理中心，经过人工和计算机处理，绘制成各种图表简报，并根据已收集的信息，利用各种预报方法和流域水文模型对未来情势作出预测和预报，为洪水预报提供重要依据。

（1）库区水情常规监测

水文测报站保持正常工作能力时，按照“水文测验规范”规定的测验项目和时段间隔进行观测并将观测数据记录在册，经过检验、整编相关数据，以供查用。

（2）库区水情应急监测

通常水库正常运行时，在库区上游河道都设有水情和雨情监测站，但在地震灾害发生后，这些设施可能无法正常运行或者监测信息无法传到接收站。这时应考虑采取应急预报方案，包括：

- ①水情和雨情监测站的快速修复，或新设简易观测仪器。
- ②监测信息的应急传输（简易人工发报机、现无线和有线通讯设备）。
- ③制定雨情应急监测方案。

④制定水情应急监测方案。

⑤历年水情监测系列查询与借鉴。

(3) 库区水情应急预报

考虑地震后，库区上游已有的水情甚至雨情监测系统遭到破坏，导致无可靠的入库洪水监测信息可用。此时，可考虑利用气象预报结果（包括气象模型模拟结果，遥感观测的云图、雷达测雨回波图等），作为洪水预报模型（最好是分布式水文模型）的降雨输入条件，通过多方案的模拟分析，进行入库洪水应急预报。

主要要求和指标：

①事先按照防灾预案制定水文预报机制和建立预报模型库；

②灾害发生后的应急预报准备时间应控制在 12 小时以内；

③洪水预报有效预见期应控制在 6 小时以上；

④洪峰流量预报精度应控制在 20%以内，洪峰时间误差应控制在 1 小时以内。

(三) 应急抢险措施

1. 土坝漫顶的抢护

土坝不允许漫顶溢流，如果洪水漫溢，就会造成垮坝事件。因此，当库水位超过允许最高洪水位并继续上涨时，应立即采取有效的保坝措施。

(1) 抢筑子堤

子堤应抢筑在离上游坝肩至少 0.5~1.0m 以外，以免发生滑坡。堤后要留有余地，以方便来往交通。抢筑时，务必全面铺开，同时施工，一气呵成。其具体做法有以下几种：

①土料子堤

土料子堤适用于坝顶较宽，就近取土容易，库区风浪不大的坝。施工时，先将子堤与原堤顶接触面上的杂草清除，中间开挖一条宽 0.5m、深 20~30cm 的结合槽，然后再分层铺土，各土层夯压密实，使子堤与原堤顶紧密结合。子堤顶宽一般不小于 1.0~1.5m，内外坡坡度缓于 1:1.5，高度应根据实际情况而定。如有风浪，应在子堤迎水面铺设土工膜保护（见图 1.1）。

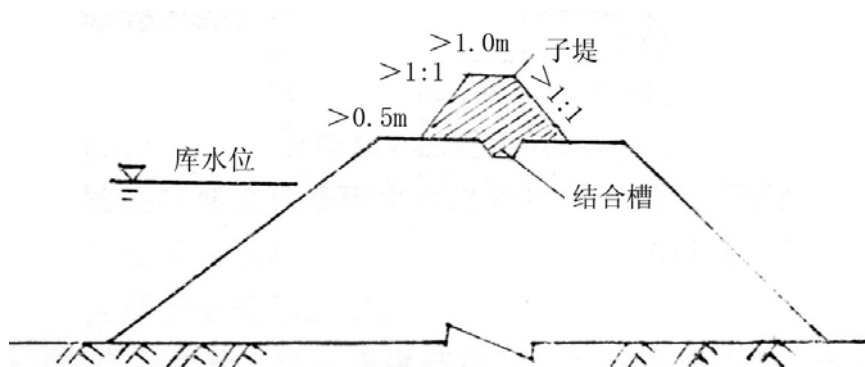


图 1.1 土料子堤示意图

②土袋子堤

土袋子堤适用于坝顶较窄，附近取土较难或土料质量不好，库区风浪冲击较大的坝。可采用土工编制袋、麻袋和草袋装土，在子堤的迎水面铺砌。铺砌前，应先将堤顶杂草清理干净，耙松表面。袋装土不宜过满，一般达到七、八成即可，袋内不得装填易流失的粉细沙和稀软土，袋口用尼龙线缝紧（最好不要用绳扎口），防止散漏。袋口向下游方向进行土袋码放，互相搭接。铺砌时，上层土袋要比下层土袋向下游缩进一些（坡度一般为 $1:0.3 \sim 1:0.5$ ），上下错开排列，靠紧踩实。袋后逐层铺土，夯压密实。上游面的土袋缝隙可用稻草、麦秸等塞严以避免袋后土料被风浪淘蚀。也可以两边铺砌土袋，中间填土夯实。土袋子堤的优点是能抗暴雨冲击和风浪拍打，有利于在暴风雨中抢护。

③利用防浪墙抢筑子堤

土坝如在坝顶设有防浪墙，也可利用防浪墙抢筑子堤，即在防浪墙后堆土夯实，做成子堤，或用土袋在防浪墙后加高加固成子堤，速度快，效果好。如果防浪墙止水性差，为防止漏水，可先在防浪墙迎水面铺设一层土工膜止水截渗，然后在墙后铺筑子堤（见图 1.2）。

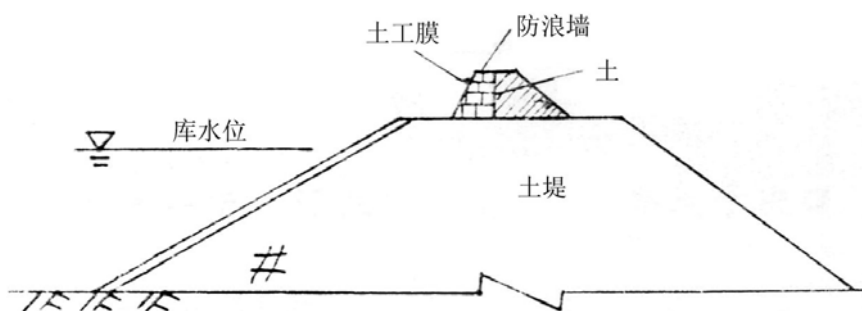


图 1.2 利用防浪墙抢筑子堤示意图

④利用木板或埤捆筑子堤

对于水库大坝坝顶较窄，风浪很大，而且洪水即将漫顶的紧急情况下，可采用埽捆筑堤。

(2) 加大泄洪流量，降低库水位

当预报水库将出现超标准洪水，并有漫顶的可能情况时，应提早加大泄洪流量，防止洪水漫顶。主要做法有：

①利用已有放水建筑物加速泄洪。可将现有放水建筑物如溢洪道、放水涵管(洞)、电站引水洞等的闸门全部打开，渲泄洪水。如果已有放水建筑物过水能力不足，即使闸门全部打开，仍然难以承担应有的泄洪流量时，可以将已有的输水洞闸门打开，增加泄量，起到保坝作用。

②采取非常保坝措施。

在紧急情况下，采取非常保坝措施，可有效地快速泄洪，使水库转危为安。一般可采用的非常保坝措施有：开挖或炸开非常溢洪道、副坝或坝头等方法。

采取爆破非常溢洪道或副坝措施之前，应做好以下各项准备工作：

事先规定出引爆信号或派出专人通知下游受威胁地区（含淹没区）的村屯及群众，在规定时间内做好安全转移工作。如发生在黑夜和暴雨洪水之时，往往通讯中断或桥梁被冲，道路交通受阻，应选派专人排除一切艰险，万无一失地完成全部安全转移工作；

准备炸药、雷管等爆破物资，做好爆破计划，选择好爆破位置，保证爆破达到预想的效果；

在防止水库漫顶的抢险措施中，绝对禁止采用在坝顶开槽溢洪的办法，因为虽然能降低库水位，但其后果适得其反，极易加速整个坝体的溃决，不仅不能保证水库大坝的安全，反而会造成垮坝失事。

2. 防风浪冲击

在较高的土坝迎水坡上，应做好永久性的防浪工程。若没有做永久性的防浪工程，在应急时一般可采取如下的防浪方法：

(1) 用草袋或麻袋装土放置在波浪上下波动的范围，袋口向下游，互相迭压成鱼鳞状，在坡顶压 0.3~0.5 米厚填土（图 1.3）。

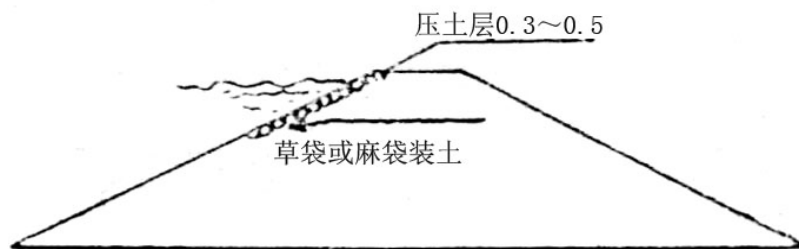


图 1.3 草袋或麻袋装土护坡防浪

(2) 用柴排护坡防浪。将稻草、小树枝（杉、松）或其他杂草等捆成把，用铅丝、篾条或绳连结成排，用木桩压放在波浪冲击范围内的坝坡上，并用木楔钉牢（图 1.4）。

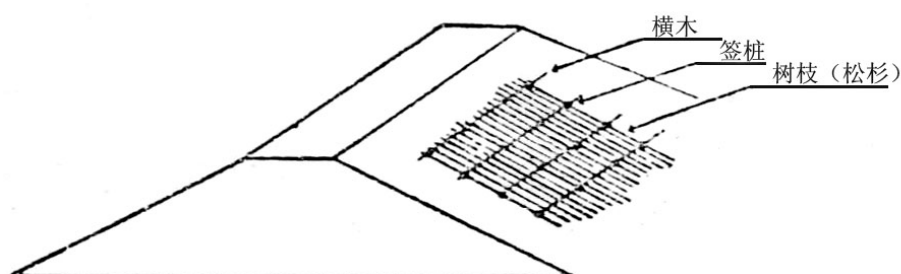


图 1.4 柴排护坡防浪

3. 土坝脱坡抢护

土坝脱坡抢护的基本原则是：降低浸润线，减轻渗水压力，稳定坝坡，即应先进行滤水还坡，而后稳固坝身。

(1) 开沟导渗，滤水还坡

从开始脱坡的顶点起至坝脚外为止，采用前面开沟导渗、抢护散浸的办法。若有排水棱体，则所开的导渗沟要与排水棱体结合好，使水能顺利渗出。若没有排水棱体，则在靠坝下游的坡脚处开挖与坝轴线平行的一道横沟，将渗水导至坝外低洼处。沟内填好导渗材料后，将陡立的土崖削成斜坡，换填与原坝坡相同的土料（图 1.5）。



图 1.5 开沟导渗滤水还坡

(2) 导滤法

先沿着裂缝挖去已滑动的松湿泥土，使之成为倾斜面，然后在坡脚斜面上，逐层铺粗沙、碎石和块石等，做成导滤层，并在其上还土夯实（图 1.6）。

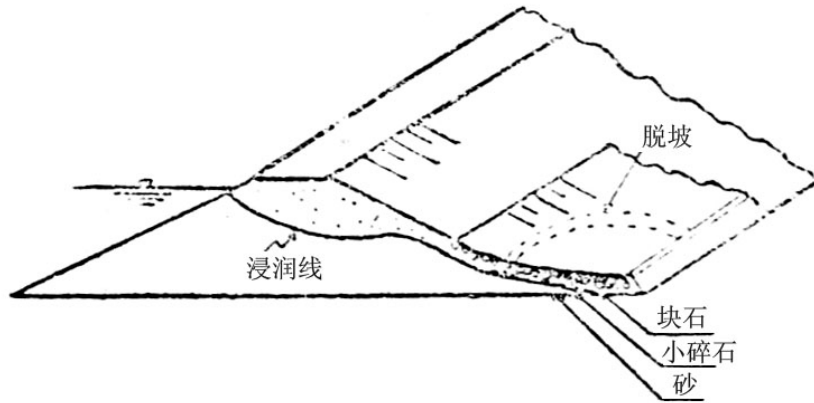


图 1.6 导滤层

（3）加大边坡

将脱坡处松土加以清除，然后开沟导渗（作法与开沟导渗法同），再分层填土夯实。填土加大的坡度，要看水情、险情来决定，同时在坡底用块石固脚（图 1.7）。

如果砂、石料缺乏，还可以用柴捆或芦柴来代替，铺放在清好的脱坡底盘上，然后在芦柴上铺稻草，草上填土夯实。这样一层柴一层土，把坝坡恢复成原有的形状（图 1.8）。

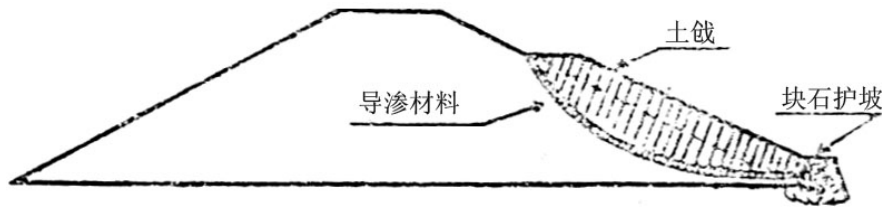


图 1.7 加大边坡 导渗材料 0.3-0.5 米

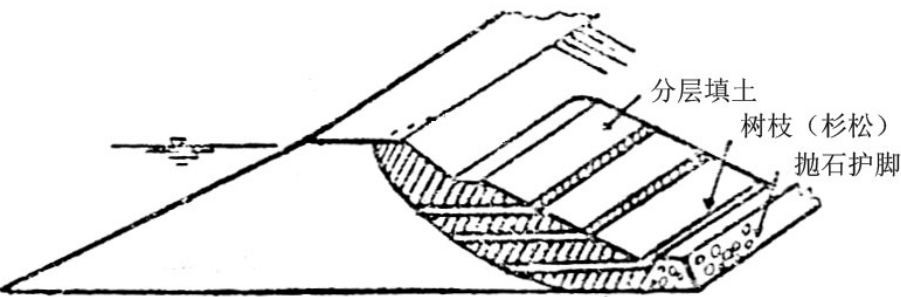


图 1.8 柴土还坡

4. 滑坡治理

在处理滑坡时，应当掌握的原则是：设法减少滑动力，增加抗滑力。其做法是“上部减载”与“下部压重”。如因渗流作用而导致滑动力增加时，必须采取“前堵后排”的措施。“上部减载”是在滑坡体上部的裂缝上侧陡坝部分进行削坡，以保持稳定；“下部压重”就是放缓下部坝坡、坡脚处筑镇压台及滑坡体下部做压坡体等。当滑坡稳定后，应当及时进行滑坡处理。

（1）开挖回填

滑坡体的开挖，应视滑动方量大小而定。对体积较小的滑坡，最好全部开挖，再用与原来坝体相同的土料分层回填夯实。如滑坡体方量很大，全部开挖回填确有困难，可以将松土部分挖掉，然后进行回填夯实。对于松土开挖，可先将裂缝两侧松土挖掉，坑底应挖至缝底以下 1.5m，其边坡不陡于 1: 1，挖坑两端的边坡不陡于 1:3，并做好结合槽，以利于防渗。回填土应分层夯实。回填前，应洒水湿润，将表层刨毛或耙松，再填土夯实，以利结合。对地基淤泥层(或其它高压缩性土层)尚未消除或清除不彻底而引起的滑坡，应在坝址处挖穿淤泥层，回填透水料（背水坡脚），做成固脚齿槽，同时采取压重固脚的措施。

（2）放缓坝坡

由于设计坝坡陡于土体的稳定边坡而引起的滑坡，在处理时，应考虑放缓坝坡，并将原有排水体接触到新坝趾。如滑坡前浸润线逸出坡面，则新旧土体之间应设置反滤排水层。放缓坝坡必须通过稳定计算，在没有试验资料确定计算指标时，也可参照滑坡后的稳定边坡，确定放缓的坝坡。

（3）压重固脚

坝体发生严重滑坡时，滑坡体底部往往滑出坝趾以外。这种情况下需要在滑坡段下部采取压重固脚的措施，以增加抗滑力。一般采用镇压台（如同时起排水作用的称为压浸台）。压重固脚的材料最好用砂石料。在砂石料缺乏的地区，也可用土工织物作反滤层，以达到排水的要求。镇压台的尺寸应根据使用材料和压实程度，通过试验和计算确定。

（4）防渗设施

水库蓄水后因浸润线抬高产生的滑坡，一般都需解决防渗问题。在高水头作用下，产生渗透破坏引起背水坡滑坡，或者由于水位骤降引起迎水坡滑坡，使防渗体受到破坏，均应根据具体情况降低库水位或放空水库，彻底修复防渗体。对

由于浸润线过高而逸出坡面或者由于大面积散浸引起的滑坡，除结合下游导渗设施外，还应考虑加强防渗。必要时可以进行坝身劈裂灌浆、加强防渗斜墙等。

（5）排水设施

对由于渗漏引起的背水坡滑坡，当采用压重固脚时，在新旧土体以及新土体与地基间的接合面应设置反滤排水层并与原排水体相连接。对由于排水体堵塞而引起的滑坡，在处理时应重新翻修原排水体，使其恢复作用。对因减压井堵塞引起地基渗流破坏而造成的滑坡，应对减压井进行处理，以恢复其效能。

（6）滑坡治理注意事项

①在滑坡处理中，特别是在抢护工程中应确保施工人员的安全。

②对滑坡性的裂缝，原则上不应采取灌浆方法处理。因为浆液中的水分将降低滑坡体与坝体之间的抗剪强度，对滑坡稳定不利，而且灌浆压力也会加速滑坡体下滑。如必须采用时，一定要有充分论证，确保坝体的稳定。

③不宜采用打桩固脚的方法处理滑坡，因为桩的阻滑作用很小，不能抵挡滑坡体的推力，而且打桩震动反而会助长滑坡的发展。

④滑坡体上部与下部的开挖与回填应符合“上部减载”与“下部压重”的原则。开挖部位的回填，要在做好压重固脚以后进行。下部开挖要分段进行，切忌全面同时开挖，以免引起再次滑坡。

⑤在迎水坡进行滑坡处理时，要摸清水下滑坡位置，先进行固脚，防止滑坡继续发生。切不可在滑坡体上抛石或沙袋，这不仅不能起到固脚作用，反而会促使滑坡继续发展。

⑥造成滑坡的原因不同，采取的处理措施也有所区别。但任何一种滑坡，都需要采取综合性的处理措施。如开挖回填、放缓坝坡、压重固脚和防渗排水等措施并举，单一方法难以保证效果。

5. 护坡措施

（1）填补翻修

填补翻修方法适用于施工质量差而引起的局部脱落、塌陷、崩塌和滑动等破坏。进行处理时，首先清除紧急抢险时压盖的物料，并按设计要求将反滤层修补完整。然后再按原护坡的类型护砌完整。如采用干砌块石护坡，块石规格尺寸大小及垫层都应符合设计要求。垫层级配合理，否则砂层易被风浪淘刷流失，最好第一层用砂，第二层采用砾石，第三层采用卵石或碎石。护坡达到紧、稳、平、

实的要求。为防止上部原有护坡塌滑，可逐段进行施工。

（2）加厚反滤垫层

针对（北方冰冻地区）反滤垫层厚度不够而产生的护坡破坏，加厚护坡反滤垫层是一项行之有效的办法。即将垫层的每层厚度适当加大则可避免冰推和坝体冻胀引起的护坡破坏。加大垫层的重点部位是水位上下波动带。

（3）塑膜坝面保温

利用塑料薄膜做坝面保温，可在坝面铺 1~2 层塑膜，用 5~10cm 土层保护，其上铺砂。这样能减少垫层厚度，不但可使坝面保温，并可避免毛细水上升，可消除（北方地区）坝面冻胀，减少冰推力。

（4）浆砌石或现浇混凝土护坡

对吹程较远，风浪较大，经常发生破坏的护坡坝段，可采取局部浆砌块石或现浇混凝土板的办法加固处理，具体作法是先将原护坡石拆除，重新沿坝轴线方向在一定范围内采用浆砌石或现浇整板护坡，使之形成一条水平、纵向的防冲带。浆砌石厚度应不小于 30cm，混凝土板厚度应不小于 20cm，并应按规定做好反滤层。预留排水孔和伸缩缝，其平面尺寸以每块 $3 \times 5\text{m}$ 为宜，一般不宜过大。如风浪很大，还应考虑在混凝土板内配置适量的钢筋，以免断裂滑动。

6. 坝体裂缝处理

坝体裂缝是土石坝病害中普遍存在的问题，地震等自然灾害更容易引发坝体裂缝。土石坝发现裂缝后，应通过坝面观测、挖探槽、探井和仪器探测，查明裂缝的部位、形状、宽度、长度、深度、错距、走向以及发展情况。

裂缝按照走向可分为横向裂缝（垂直坝轴线）和纵向裂缝（平行坝轴线）。一般纵向裂缝数量多于横向裂缝，但从裂缝的危害看，横向裂缝的危害要远高于纵向裂缝。

（1）裂缝处理原则

横向裂缝的处理原则：横向裂缝如果贯穿坝体上下游，渗水冲刷，危害极大，因此如果有贯穿上下游的横向裂缝，必须对水库进行降低水位的处理。同时，还应对裂缝进行尽可能的封闭处理。在上游裂缝进口灌注与筑坝材料一致的泥浆或填筑粘性土，阻断渗漏水通过。但应慎用压力灌浆，避免造成裂缝扩展，加剧大坝险情。坝体下游裂缝出口处宜挖开回填，做好反滤。

纵向裂缝的处理原则：对于缝宽较小的裂缝，可直接用防水材料沿缝铺盖，

防止雨水渗入加大大坝安全隐患，待灾后再进一步彻底处理。对于较宽裂缝，铺膜易因雨水聚集而落入裂缝中，因此需首先进行裂缝补填，然后再铺膜防雨。宽缝补填应根据现场情况，选择粘土材料充填，如条件不具备，可用坝顶两侧的土体应急补填，但应保证坝顶高度不变。

（2）裂缝处理方法

根据观测资料，结合土石坝设计、施工情况，采取不同处理方法。处理裂缝的一般方法主要有开挖回填、裂缝灌浆和开挖回填与灌浆相结合等几种方式。

①开挖回填

该法处理裂缝比较彻底，一般适用于缝深不超过 5m 的裂缝。对于贯穿性裂缝，应首先考虑开挖回填的办法。开挖时，采用梯形断面，使回填部分与原坝体结合好，当裂缝较深时，为了便于开挖和施工安全，可挖成阶梯形坑槽。回填时再逐级削去台阶。

开挖前向裂缝内灌入白灰水，以利掌握开挖边界。开挖深度应比裂缝尽头深 0.3~0.5m，开挖长度应比缝两端各长 1m 以上，槽底宽度 0.5~1.0m，过窄不利于施工。边坡应满足稳定和新旧填土结合的要求。开挖出来的土料不应堆在坑边，以免影响边坡稳定。不同土料应分别堆放。开挖后应保护坑口，避免日晒、雨淋或冻融。回填土料应与原土料相同，其含水量控制略大于塑限。

回填前应检查坑槽周围土体的含水量。如偏干，则应将表面洒水湿润。如表面过湿或冻结，应清除后再进行回填。回填应分层夯实，严格控制质量，并用洒水、刨毛等措施保证新老填土结合紧密。

②裂缝灌浆

由于开挖回填处理工程量大，对于坝内裂缝和非滑动性很深的裂缝，可采用重力灌浆或压力灌浆进行处理。浆液可以采用纯粘土浆，也可用水泥粘土浆。纯粘土浆与坝体填土的性能适应性较好，但掺水泥可以加快浆液凝固和减少浆液体积收缩。灌浆时遵循由稀到稠的原则，以保证质量。采用压力灌浆时要适当控制压力，避免压力过大导致坝体变形和压力较小达不到灌浆效果。

对较深的裂缝采用重力灌浆时，可以用抬高泥浆桶的办法取得灌浆压力。但在灌浆前，必须将裂缝表面开挖回填 2m 厚以上的阻浆层，以防止浆液外溢。在使用灌浆方法处理裂缝时，应当注意：

- 尚未调查清楚并作出诊断的裂缝，不建议一律采用灌浆方法简单处理；

- 灌浆时要防止浆液堵塞反滤层，进入测压管，影响排水和浸润线观测；
- 在雨季或库水位较高时，由于泥浆不易固结，一般不宜进行灌浆；
- 在灌浆过程中，要加强观测，发现问题，及时处理。

③开挖回填与灌浆相结合

在处理非滑动性很深的表面裂缝时，可采用表层开挖回填，深层灌浆，开挖回填与灌浆相结合。一般是先开挖约 2m 深后立即回填，然后在回填面上进行灌浆。这种方法适用于中等深度裂缝，或水库水位较高，开挖回填有困难的部位。

7. 坝体渗漏防治

渗漏控制的标准是：保证坝体和坝基的渗流稳定，其抗渗比降和渗透流速满足稳定要求；控制渗流量，尽量减少渗漏损失；控制下游剩余水头，防止渗透变形破坏，保证下游边坡稳定，减少下游沉降。总的原则是“上截下排”。“上截”是在坝轴线以上部分坝体和坝基堵截渗流途径，防止和减少渗漏水量渗入坝体和坝基，提高其防渗能力；“下排”是在下游做好反滤导渗排水设施，使渗入坝体、坝基的渗水在不带走土颗粒的前提下安全通畅地排向下游。渗漏的处理方法主要有灌浆法、斜墙法、套井回填粘土等。

(1) 灌浆防渗

若坝体渗漏严重，而且无法采用斜墙法或水中倒土法进行处理时，可采用帷幕灌浆进行处理，即从坝顶钻孔，然后由上往下分段进行灌浆，在坝内形成一道灌浆帷幕，阻断渗流通道。

根据灌浆材料的不同，灌浆主要分为：

- ①粘土浆或粘土水泥浆。主要适用于坝身和非岩性坝基的堵漏和截渗。
- ②水泥灌浆。主要适用于破碎岩基的固结灌浆和帷幕灌浆。
- ③化学灌浆。主要适用于坝基防渗。

灌浆方式主要有充填灌浆和劈裂灌浆两种。充填灌浆是利用较小的灌浆压力或浆液自重，将浆液灌入坝体隐患处，以堵塞洞穴和裂缝。该法适用于处理性质和范围都已确定的局部隐患。如非滑坡性坝体裂缝处理，坝下涵洞漏水处理，坝面塌坑开挖回填处理后周围细小的裂隙充填，以及白蚁危害产生漏水的处理等。劈裂灌浆是沿坝轴线布置灌浆孔，利用一定的灌浆压力将坝体沿轴线方向劈裂，同时灌注合适泥浆充填堵塞漏洞、裂缝，浆液析水后与坝体结合紧密，形成连续的防渗墙。它适用于处理范围较大，隐患的部位不能完全确定的坝体。如土石坝

体浸润线出逸点过高，坝下游坡大面积散浸或坝体有较多的隐患，而坝坡无滑坡现象时，可采用劈裂灌浆。

（2）贴坡防渗

在已发生渗漏的坝身和坝端岸坡上游以粘土贴坡，达到防渗的目的。按防渗部位可分为坝身贴坡和坝端岸坡贴坡。

①坝身贴坡。主要用于均质坝和斜墙坝。在处理时，要求降低库水位，使渗漏部位全部露出水面，拆除护坡，清除坝身表层含水量过大部分，耙松坡面 10~15cm，使新旧填土结合良好。贴坡完成后再重新做护坡。贴坡的范围，取决于坝后渗水情况、观测资料 and 土石坝质量等综合分析确定，为防止绕渗，增筑贴坡必须掩盖渗水范围以外 3~5m，并做好结合槽。贴坡厚度，应根据坝型、坝身质量、水头大小和土料质量等确定，一般为水头的 1/8~1/10。贴坡土料应按一般土石坝防渗体土料要求进行选择，施工时分层夯实。

②坝端岸坡贴坡。用于防止透水性坝端的岸坡绕渗。如坝端山包为单薄的条形山、山岩破碎或埋有砂砾强透水层，或施工时处理不彻底，形成绕坝渗漏，当岸坡缓于 1:2 时采用此法处理。其范围应视山包渗漏情况而定，一般要超过渗漏范围以外 5~10m，以截堵渗水，保证岸坡与坝头渗透稳定。处理时，对山坡的结合面应进行清理，底部做好结合槽。贴坡表面要有保护层和护坡。如贴坡底部和地基为砾石透水层，要按规定做好反滤层。如原岸坡陡于 1:2，可适当加厚贴坡底部，以增强其稳定性。

③粘土截水槽防渗

适用于均质坝或斜墙坝的坝基渗漏处理，坝基覆盖层深度以 20m 内为宜，且在处理时有条件放空水库的情况下进行，特别是多层土质坝基，由于水平渗透系数比垂直渗透系数大得多，而且水平粘土铺盖仍有部分渗透水从铺盖进入透水层，采用垂直的粘土截水墙，防渗效果显著。

④粘土铺盖和抛土防渗

粘土铺盖防渗主要适用于当土石坝上游的人工或天然铺盖存在缺陷时，可采用原铺盖补强或增做铺盖等方法处理，以延长渗径，达到控制地基渗透变形，减少渗漏量。

水中抛土主要是适用于在水库不能放空的情况下，加固铺盖，可用水中抛土进行处理。

⑤导渗

导渗为下排的措施，将坝身或坝基内的渗水顺利地排出坝外，而使土体的土粒保持稳定，不被带走，以达到降低浸润线，减少渗压水头，增加坝体与坝基渗透稳定的目的。

当土石坝原有防渗排水设施，不能完全满足坝身、坝基渗透稳定要求，浸润线抬高，坝身散浸，坝后发生沼泽化，甚至出现管涌、流土的渗透变形，危及坝基安全时，除加强防渗措施外，可将原有导渗设施进行改善或增设，按导渗部位分为坝身导渗和坝后导渗两种：

坝身导渗。在土石坝背水被的渗漏部位，根据渗漏的程度，选用适当的导渗措施，以导出坝身内渗透水，降低浸润线，使坝坡保持干燥稳定。

坝后导渗：

A. 排渗沟。坝基为多层地基，表层为弱透水层，其下为强透水层，而表层又不太厚时，常采用排渗沟作为排水减压的措施，同时也可以将坝基与坝体渗水引向坝的下游。

B. 减压井。多层地基，表层为弱透水层，其下为强透水层，而表层较厚时，在坝脚下游地基内每隔一定距离利用钻机钻孔，穿过弱透水层，直达强透水层的一定深度，可以把地基深层的承压水导出地面，以防止坝基土料渗透变形，并可防止下游地区沼泽化。

C. 压渗。利用透水料作为水平反滤压重，既可将土体中渗水排出，又能给渗透土体以一定的压重，以抵抗渗压水头，增强地基渗透稳定。压渗长度，应使其末端弱透水地基中的实际水力坡降小于它的允许水力坡降。压渗厚度，当已知弱透水层厚度，并利用埋设的测压管测出弱透水层底面水位与下游水位差，即可定出盖重的厚度。

总之，土石坝防渗应根据实际情况进行处理，选用上游防渗减渗还是下游排水措施，应针对渗漏原因综合考虑，以达到防渗效果。

8. 散浸、渗漏、漏洞及陷坑抢护

水库里的水从坝的背水坡面渗出时出现坝坡散浸现象，它是土石坝渗漏的一种基本形式。散浸易造成土石坝土体松软，不利于坝坡稳定。散浸的进一步发展易造成管涌和流土等渗流破坏现象。

漏洞是渗漏水流经坝体中动物洞穴、土体填筑不匀的等薄弱环节形成的渗流

通道,漏洞的进一步发展或在地震的作用下易在坝顶、迎水坡或背水坡突然下陷,形成陷坑。

(1) 抢护险情的原理:上游截渗,下游导渗,即在坝的迎水面坡上加填粘土料或防渗材料,减少渗入坝身的水量;在下游坡面或坝基,设置反滤措施,在反滤体的引导下将渗入坝身内的水,从坝的背水坡或坝脚排出。

(2) 散浸和渗漏抢护方法

①开沟填砂石导流

在下游坡,从散浸(或渗漏)上端约 1.0 米处至坝脚处,沿着坝坡每隔 6~10 米开挖纵沟,或者沿散浸(或渗漏)上端开一横沟或“人”字沟、“Y”形沟等。然后在沟内分次一层一层地填粗砂、小瓜子石、碎石,各层厚 0.2~0.3 米,沟宽 0.5~0.8 米,深 0.8~1.0 米,沟底坡度,可以比坝坡小些(图 1.9)。

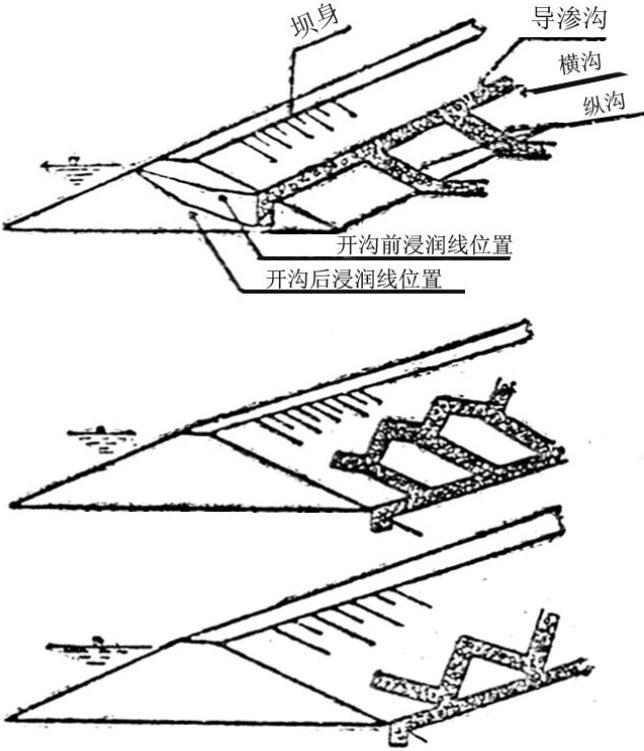


图 1.9 砂石导渗

②反滤层保护

先将散浸或渗漏地区地面湿软的草皮和松土清除干净,然后逐层铺粗砂、小碎石和块石,每层厚约 0.2~0.3 米(图 1.10)。

如缺乏粗砂和小碎石,可用稻草、麦秸或其他杂草铺在已清除干净的散浸或渗漏区域,上面再铺一层小树枝,小树枝上压土袋,最后再填土夯实(图 1.11)。

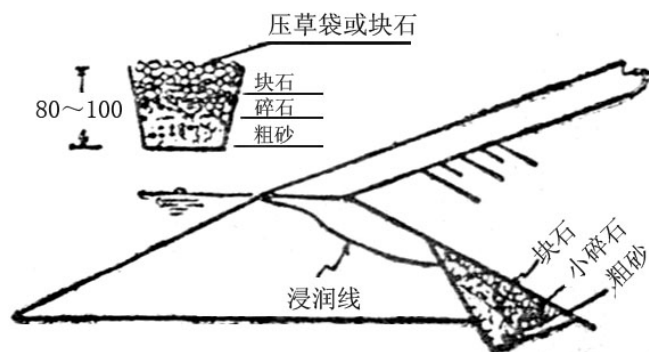


图 1.10 砂石反滤层

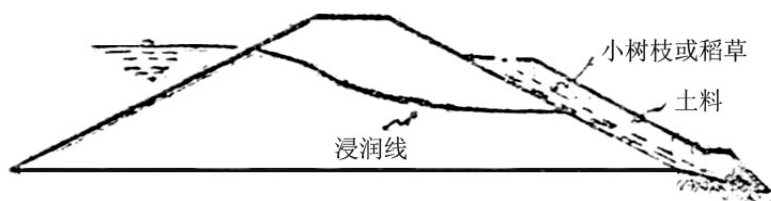


图 1.11 树枝或铺草反滤层

(3) 抢堵漏洞的方法

最好的办法是在坝上游尽量堵塞洞口，在下游漏洞出水口做反滤围井，稳定险情。常用办法有：

①用软楔、草捆等堵塞洞口

软楔：用绳结成圆锥形的网罩，其内填充麦秸和稻草等而做成（图 1.12a）。

草捆：用绳把麦秸或稻草等，捆成一头尖一头圆的圆锥体（图 1.12b）。

抢堵时，用软楔或草捆塞入（尖的那头向内）洞内，堵塞紧密后，用土袋压在上面，然后迅速浇土填实（图 1.13）。



图 1.12a 填满麦秸、稻草后的软楔



图 1.12b 草捆

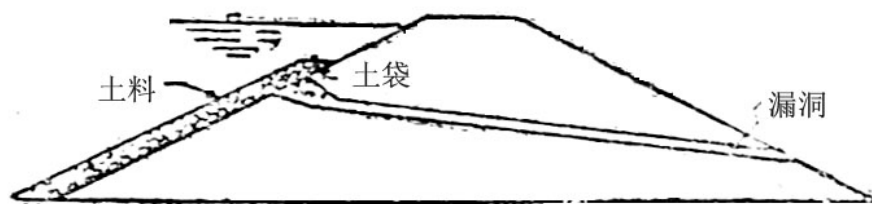


图 1.13 软楔堵漏

②用破棉絮堵塞漏洞的进水口，用土袋压在上面，再浇土填实。堵塞漏洞时，要一气做成，切勿间断。同时注意安全，防止抢险人员被水带进洞内。

③抢筑反滤围井

在下游坡出口周围，用土袋做成圆形围井，分次一层一层地铺细砂、粗砂、碎石或卵石，每层厚度均为 0.2~0.3 米，井应比出水口大些（图 1.14）。

④坝顶挖槽断流

如果漏洞距坝顶不远，且坝身宽大及土质较好时，可在坝顶中心线到背水坝肩之间，开挖一道与坝轴线平行的沟。挖至露出漏洞后，即以棉絮或其他柔软不易透水的东西来堵塞紧密，然后一层一层地填好夯实（图 1.15）。

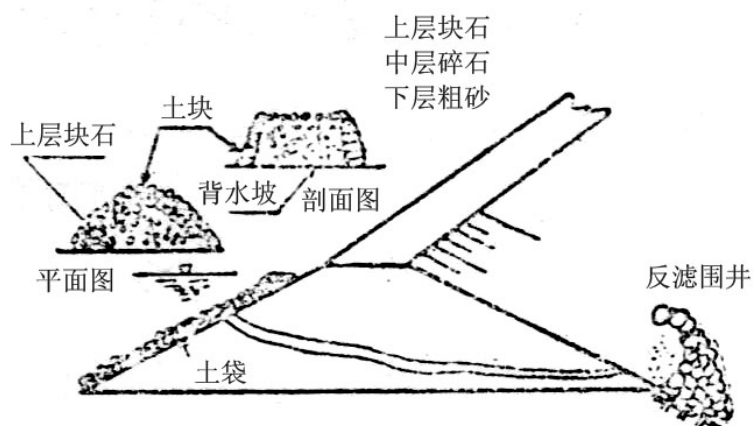


图 1.14 反滤围井

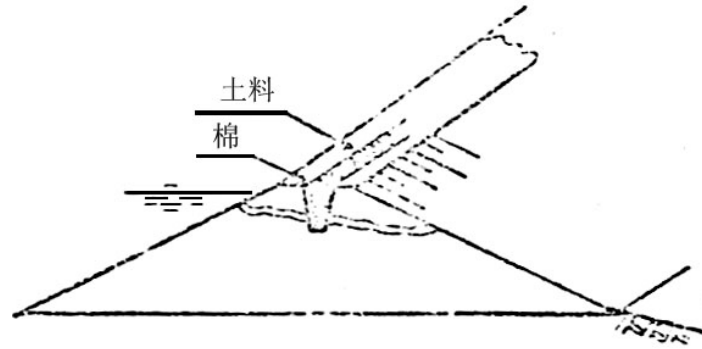


图 1.15 坝顶挖槽断流

(4) 陷坑抢护方法

主要办法是翻筑夯实，即先把陷坑内的松土、松块全部挖出，如洞穴、裂缝内有腐烂物料、砖、石等杂物时，应进行彻底清除，然后回填土料，分层填筑夯实。

9. 管涌抢护

(1) 反滤层法

先将散浸或渗漏地区地面湿软的草皮和松土清除干净，然后逐层铺粗砂、小碎石和块石，每层厚约 0.2~0.3 米。

如缺乏粗砂和小碎石，可用稻草、麦秸或其他杂草铺在已清除干净的散浸或渗漏区域，上面再铺一层小树枝，小树枝上压土袋，最后再填土夯实。

(2) 筑围井

用土袋堆砌二到三层，把涌水口处围住，做成像水井一样，其高度以涌水口处冒清水时为准（图 1.16）。

(3) 如果管涌出口较大、翻水也较高，则先抛投石块压住水花，再按（1）或（2）的方式进行。

采用以上几种办法的同时，还可以在上游水下部分抛放大量的散土或软粘土，以减少水的入渗。

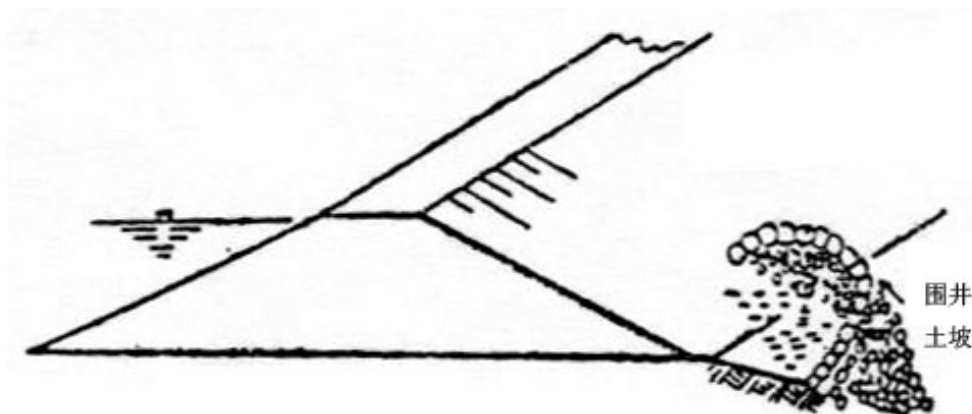


图 1.16 围井

10. 涵洞、管道漏水处理

在涵洞与坝身接合缝处、涵洞本身和闸门易发生漏水的部位出现严重漏水或浑水时，应立即堵塞漏水入口并在背水处导渗。

涵洞与坝身接合缝漏水，大多因涵洞与坝身土壤接合不紧密、截流环失效、洞身或基础发生不均匀沉陷而产生。

处理办法：查找漏水原因和入水口，在上游涵洞管道周围向水中抛填土袋、粘土等，填塞漏水口和入渗通道，截止漏水。

背水面漏出浑水或上游填堵不彻底时，可以在背水面漏水处做反滤层或做围井进行处理（做法与前同）。

11. 涵管、溢洪道下游冲刷处理

泄水建筑物下游发生冲刷破坏时，应以块石（尺寸大的为佳）、土袋等进行抢护，也可采用抬高尾水位的办法以缩小上下游水位差，减少冲刷。

溢洪道泄水时，应派专人负责检查溢洪道的护底及两岸墙有无险情发生。溢洪道被冲刷破坏易发生在结构最薄弱处，往往从陡坡下部、水流最急的地方开始，逐渐向上游扩展。因此，在开始发现有局部被冲坏时，如果溢水量不大，应立即在溢洪口将来水临时堵住，使之暂时断流，在被冲坏的地方实施紧急抢修，抢修完毕后再进行正常泄水。如情况紧急，不可能将溢洪道口临时堵住并使之断流，则在被冲坏的位置大量抛填石料及土袋等，尽量使被冲坏的范围不致扩大，待退水后再行检修。

（四）应急预案及实施

1. 水库下游溃坝影响范围快速评估

溃坝是水库大坝在地震、超限洪水等不利条件（或人为干预）影响下发生破

坏的极端表现形式，也是后果最为严重的水库灾害。地震发生后相关水库工程对下游影响范围的快速评估对有效采取措施、减轻次生灾害损失至关重要。这种快速评估需要的资料包括：一定精度的水库下游区域电子地形图、水库工程基本资料，如水库水位库容关系曲线、水库泄流设施关系曲线等。

评估步骤一般包括：

- （1）采取简易方法估计可能溃坝的部位和规模；
- （2）估算溃坝可能产生的最大流量及概化过程；
- （3）简易评估下游流量传播范围等。

评估结果也是水库应急预案编制与实施的重要依据。

2、应急预案编制

根据有关规定，我国大、中型和坝高超过 15m 的小型水库（其他水库参照执行）应编制水库大坝安全管理应急预案。预案是在水库大坝发生突发安全事件时避免或减少损失的预先制定的方案，是提高水库管理单位及其主管部门应对突发事件能力，降低水库风险的重要非工程措施，也是地震等自然灾害导致水库大坝出现突发事件时的应对依据。

应急预案编制的目的是提供大坝管理者发布应急预警和布置疏散撤退的有关程序和消息，鼓励通过全面一致的应急反应计划来减少受影响地区人民生命财产损失。体现行政首长负责制、统一指挥、统一调度、全力抢险、力保水库工程安全的原则。应急预案的主要内容应该包括：内容一般包括前言、水库大坝概况、突发事件分析、应急组织体系、预案运行机制、应急保障、宣传、培训、演练（习）、附录等。

3、应急指挥机构

按照分级负责、属地管理的原则，在溃坝事件发生时成立水库大坝突发事件应急指挥机构。在我国的洪水应急管理机构中，应急指挥机构主要包括政府、水行政主管部门、行业主管部门或业主、水库管理单位以及气象、民政、交通、通讯和卫生等部门主要领导形成的机构。此外，还需要由水利、气象、卫生、环保、通信、救灾和公共安全等行业的专家组即时提供信息。

4、预警和预报发布

- （1）预警与预报

根据我国《水库大坝安全管理应急预案编制导则》和《中华人民共和国突发

事件应对法》的规定，预警系统对应突发事件分级和溃坝事件发生的可能性，预警级别也划分为四级，依次用红色、橙色、黄色和蓝色表示。预警信息一般包括突发事件的类别、预警级别、起始时间、可能影响范围、警示事项、应采取的措施和发布机构等。

（2）预警与预报的发布

根据我国《水库大坝安全管理应急预案编制导则》和《中华人民共和国突发事件应对法》的规定，信息的发布有以下几种方式：

①直接启动预案并发布

当水库大坝遭遇如下情况，并将造成特别重大或重大损失，发出红色警报，可直接发布。

- 遭遇超标准洪水。
- 地震或地质灾害造成大坝溃决或即将溃决。
- 上游水库溃坝造成大坝溃决或即将溃决。
- 工程出现重大险情，大坝溃决或即将溃决。
- 战争、恐怖事件和人为破坏等其他原因造成大坝溃决或即将溃决。
- 库区水质污染，严重威胁居民生命安全及生产生活或（和）严重破坏生态环境。

②会商启动预案并发布

当水库大坝遭遇如下情况，损失较大或一般，发出橙色或以下警报，应在会商后决定是否启动预案。

- 工程出现严重险情，有可能造成大坝溃决。
- 监测资料明显异常，对大坝安全不利。
- 水情预报可能有超标准洪水。
- 地震或地质灾害有可能造成大坝溃决。
- 上游水库溃决，有可能造成大坝溃决。
- 战争、恐怖事件、人为破坏等其他原因可能造成大坝溃决。
- 库区水质污染，影响居民生命安全、生产生活及生态环境。

预警报发布后，根据我国《中华人民共和国突发事件应对法》的规定，对即将发生或者已经发生的社会安全事件，县级以上地方各级人民政府及其有关主管部门应当按照规定向上一级人民政府及其有关主管部门报告，必要时可以越级上

报。

发生突发事件时，根据预案组织实施预案启动、应急处置、应急结束、善后处理、调查与评估、信息发布、应急保障等相关工作。

二、堰塞湖险情应对措施

由于地震引发山体滑坡并堵塞河道形成的湖泊称为地震堰塞湖。

按堰塞湖形成的灾害可以分为 3 类：高危型堰塞湖、稳态型堰塞湖和即生即消型堰塞湖。高危型堰塞湖由于蓄水量大、落差大，往往在形成后几天至几年后会被冲垮，形成严重的地震滞后次生水灾；稳态型堰塞湖(亦称“死湖”)，存在很长时间且湖积水量很大；即生即消型堰塞湖为震时形成的短时堰塞湖，很快会被后来累积的水体冲毁，危害一般不大。

按堰塞湖存在时间堰塞湖的类型可以分成：一天或者几天内溃决的是即生即消型堰塞湖；几天至 100 年溃决的是高危型堰塞湖；溃决时间超过 100 年者，是稳态型堰塞湖。

国内最著名的地震堰塞湖是 1933 年四川省茂汶北的迭溪 7.5 级地震，这次强震不仅使迭溪全城及周围 60 余城镇、村寨全部毁灭，并且四山普遍崩溃，迭溪台地大规模崩塌、堵塞岷江，形成四个地震堵塞湖，大震后 45 天湖水溃决，造成下游水灾。

应紧急采取以下措施：一是派专家在每一处“悬湖”实行驻点监测，对塞体的稳定性、危害性进行评估；二是判别堰塞体风险，分清灾害等级，分门别类做好预案；三是有条件的地区，迅速研究编制处置方案，待条件具备时，派出部队或施工单位，采取开挖疏通等措施，尽可能降低水头落差，消除次生灾害的隐患。

（一）堵江堆积体监测

为分析及预报堰塞湖天然坝的稳定性及可能的破坏方式，应在堰塞湖形成后及时进行以下几个方面的天然坝特征调查与研究，以充分掌握堰塞湖天然坝的几何物理特性。

由于滑坡造成的堵江堆积体事发突然，考虑灾变现场的交通和通讯条件，初期以现场人工表观监测为主，同时通过遥感技术等手段，采用高分辨率的卫星遥感数据和地形图对堰塞湖进行监测。一般步骤如下：

1. 获取几何数据

- (1) 通过测量等基本手段，获得堵江堆积体规模的基本数据。
- (2) 采用多平台、多时相的卫星数据，获取所在地区的卫星数据。
- (3) 充分利用数字化地形图：

- ① 以地形图为地理坐标基准，对卫星数据进行几何精纠正；
- ② 利用地形图生成数字高程模型。

2. 动态监测

(1) 几何精纠正：把所涉及地区的地形图进行高精度扫描形成数字化地形图，以数字化地形图为准，对卫星遥感数据合成的仿自然彩色图像进行几何精纠正。

(2) DEM（地面高程模型）生成：把纠正后的地形图在 GIS（地理信息系统）下进行扫描矢量化，在 GIS 软件和遥感软件中提取高程点，生成 DEM 数据。

(3) 堰塞湖水面提取和湖水边界生成：根据长时间序列的变化，对堆积体进行监测。

3. 堰塞湖天然坝的物质组成及坝体材料物理力学性质：坝体的物质组成不同将影响坝体在水流等外力因素作用下的表现。在堰塞湖形成后及时调查掌握坝体的物质组成，分析其组成是否包括岩块、碎石、卵石、砾石乃至泥土和植物等，掌握各成分的含量。在此基础上对相应成分进行必要的物理力学性质分析与试验，如粒径、密度、渗透系数、凝聚力、内摩擦角等。

（二）堰塞湖应急处理技术

堰塞湖应急处理的基本原则是在较短的时间内，最大可能的降低和排出堰塞湖内拦蓄的大量河水，保证堰塞湖的稳定与安全，保证抗震救灾工作的正常顺利进行，为下一步灾后重建工作的开展提供基本保证。

1. 基本原则

对于地震导致的堰塞湖，由于蓄水可能会引发堆积体上游淹没或溃决，产生二次灾害，因此在及时做好堰塞湖安全检查的基础上，最大可能的降低堆积体前积水，以保证堆积体不溃决为原则，在保证堰塞湖不会产生次生灾害的条件下，再考虑综合治理措施。

2. 现场应急检查

- (1) 首先对造成堰塞湖的滑坡堆积体进行初步分析，包括堆积体的材料类

型、颗粒组成、堆积规模、透水特征以及可能的拦蓄水量等。

(2) 初步判断堆积体的安全稳定性，包括堆积体的抗滑稳定性和渗透破坏可能性，并判断溃决风险及可能造成的损失。

(3) 结合短期降雨预报，判断近期可能的来水量，进行基本的洪水过程评估。

(4) 综合上述基本判断，确定堆积体短期内的整体稳定性，确定应急治理方案。如果能够保证堆积体的近期稳定性，则近期可以进行以降低水位为主的临时保坝措施，否则应及时疏通堆积体，放空蓄水，避免二次灾害的发生。

3. 应急处理技术

对于高危型堰塞湖，应急治理的基本方式包括：

(1) 对于交通条件便利、易于机械化施工的堰塞湖，调动机械设备进场，通过爆破和机械施工等手段，开挖临时溢洪道或排水涵管（洞）降低湖内河水，或采用水泵抽排或倒虹吸的方式来降低湖内河水。

(2) 对于地形条件差、环境恶劣、交通极其不便、人迹罕至的堰塞湖，由于不具备大型机械作业条件，难以调动必要的大型、重型机械设备进场以及实施大规模的爆破处理，可考虑一些轻型、便携的小设备进行钻孔和小批量多次爆破、配合人工作业的方式，从而实现有效降水或可控性溃决，减轻湖水骤溃导致的洪灾。主要形式包括：

①人工开挖修建临时溢洪通道，降低水位；

②在人工开挖困难的条件下，采用小批量多次爆破的方法在堰顶炸开一个口子，以满足河水下泄的要求；

③在电力条件不满足的条件下，采用倒虹吸的方式或发电机等设备，抽排堰塞湖内河水，降低湖区淹没范围或滑坡坝溃决的可能；

(3) 进行监测预警，在所有工程应急措施难以实施，滑坡坝出现险情的情况下，及时通知上下游人员撤离，保障人民生命的安全。

(三) 堰塞湖溃决风险分析

1. 建立监测系统

(1) 监测系统

为确切掌握堰塞湖水位变化、崩坍区实际土体变形及孔隙水压分布状况，提供实时信息作为安全或警戒的参考；由专人每日量测两次水位予以记录，持续监

测水位。监测雨量，评估区域之降雨情形。在坡地地层滑动监测方面，进行自动测倾系统、震动系统、孔隙水压监测、水位观测系统及自动化网站工程等，埋设孔隙水压计及自动测倾管，以量测该区之孔隙水压及坡地地层滑动监测。

（2）监视系统

鉴于区域广大，人力监测困难，应实施紧急通报系统，于堰塞湖上、中、下游各设置动态监视摄影机，全天候即时监测水位变化、溢流情形、地形地貌变化，利用微波器材传送声音及影像，至紧急应变处理中心，随时掌握崩塌地上下游河道状况。

（3）警报系统

利用无线电波或数据专线传递至堰塞湖下游各警报站以语音现场麦克风广播，预先警告下游群众堰塞湖即将泄洪。

（4）拦砂坝的建置及崩塌地防止处理

为拦蓄土砂、缓和坡降并安定两侧边坡，以减缓土石对下游河道之冲击，于崩积土堆积区下游河道兴建三座透水坝消能，并办理边坡植生复旧。

（5）拟定灾害紧急应变计划

为紧急救灾需要，成立紧急应变小组，拟定抢险疏散计划，除与下游单位建立紧急通报、联系及疏散通报系统、溃坝前后戒备措施及防灾措施外，在下游警戒区域建立警告及禁止标语，以防范灾害发生。

2. 基本信息收集

（1）上游天气监测与降雨预报

上游天气监测与降雨预报对堰塞湖的险情处理非常重要，据此可以预测堰塞湖的入湖流量及湖水位的上升速度与幅度。通常采用的依据：

①地面雨量站。在地面设置雨量计连续监测所在位置的降雨量，观测人员每日定时采集数值。有的雨量计可连续自动记录，或可将降雨量用无线通讯装置自动发报到中心站。

②雷达雨量站。根据空中雨滴、云团中水汽凝结物对雷达发射的电磁波的反射强度来测量降雨中心位置、强度、移动速度等。

③卫星监测。在气象卫星上装有可见光和红外及微波辐射仪器，从而可以得到卫星云图。根据云图的连续变化了解气旋、降雨和暴雨云团等天气系统的演变情况。

（2）堰塞湖库水位监测预报

指派专业技术人员对堰塞湖水位变化，包括水位上涨速度、水位距坝顶高度、水深、是否发生溢流等进行全天候监测，并每间隔 2 小时报告一次。若发生溢流，则应加密监测次数，并及时报警。

（3）堰塞湖坝体的变形监测预报

指派专业技术人员沿堰塞湖（顺河方向）设置简易（木桩）变形观测点，对坝体变形进行监测，并观测坝体是否有沉陷？观测坝体是否有裂缝？用尺子测量裂缝宽度是否变化、裂缝是否扩展？降雨的时候加密观测。并每间隔 2 小时报告一次。若坝体变形加速，则应加密监测次数，并及时报警。

（4）坝体渗流、管涌监测预报

指派专业技术人员进行堰塞湖坝体下游坝面是否产生渗流？是否发生管涌、坝面渗出水流是否混浊？下游坝面是否发生局部跨塌，跨塌的规模及位置？一旦发生管涌或大面积跨塌应及时上报。

3. 稳定和溃坝风险分析

（1）安全性分析：包括抗滑稳定性分析、渗透稳定性分析、溃决形式分析。通过评估，确定堰塞湖的安全性和溃决形式，为进一步的溃坝风险分析提供依据。

（2）溃决风险分析：在对滑坡体及堰塞湖基本情况进行调查的基础上，根据溃决发生的三个基本条件，坝体本身的稳定性、区域的来水特性和外力作用对坝体稳定的影响如可能发生的余震等，进行溃坝洪水风险分析，运用模型快速评估溃决后可能影响的范围和淹没区内的最大淹没水深。

4. 预警和警报的发布

警报的发布应按照防汛应急预案的规定，根据事件可能造成危害的程度，由不同级别的行政主管部门分别发布相应等级的警报。

（四）堰塞湖溃决临灾预案

堰塞湖避灾要从发现堰塞湖可能发生溃决前兆之时做起，做到有备无患。尽早制定临灾预案，临灾预案包括以下几方面的内容：

1. 堰塞湖次生灾害应急预案的宣传

堰塞湖临灾预案制定后，要及时向可能危害范围的群众宣传普及，通过分发资料、张榜公布、利用广播介绍堰塞湖灾害防治基本知识等形式，增强群众灾害

防御知识，提高自救能力，并积极主动配合相关灾害防治工作，确保抢险救灾工作有序展开，确保人民群众生命财产安全。

2. 堰塞湖灾害应急防范“明白卡”

根据已确定的堰塞湖灾害点，由政府部门填制简易的卡片，统称为“明白卡”，将堰塞湖灾害的基本信息，危害人员及财产，预警和撤离方式，以及政府责任人等。落实到乡（镇）长和村委会主任以及受灾害隐患点威胁的村民。

3. 预先选定临时避灾场地

在堰塞湖溃决危险区之外选择一处或几处安全场地，作为避灾的临时用地。要注意避灾场地的稳定性和安全。

4. 预先选定撤离路线、规定预警信号

通过实地踏勘选择好撤离路线，撤离路线要尽量少穿越危险区，沿山脊展布的道路比沿山谷展布的道路更安全。事先约定好撤离信号（如广播、敲锣、击鼓、吹号、发信号弹等），同时还要规定信号管制办法，以免误发信号造成混乱。

5. 落实公布责任人

要事先落实并公布堰塞湖溃决灾害防灾避灾总负责人，以及疏散撤离、救护抢险、生活保障等各项具体工作的负责人。通过村民大会、有线广播等办法，对拟订的避灾措施进行广泛宣传，做到家喻户晓。

6. 预先做好必要的物资储备

应做好避灾场临时住所搭建的准备工作，使群众在避灾过程中拥有基本的生活条件。群众的财产和生活用品也应提前做好转移到避灾场工作，交通工具、通讯器材、雨具和常用药品等，也应根据实际情况提前做好准备。

（五）堰塞湖综合治理

由于堵江滑坡坝本身的成因机制、滑体形态复杂多样，滑坡体内的物质组成、粒度成分、结构特征等差异很大，因此导致堵江滑坡坝不同部位的物理力学性质具有较大的差异性和不均一性。堵江滑坡坝虽与人工土石坝有许多相似之处，但由于堵江滑坡坝是在外部诱发因素作用下产生的滑坡崩塌堵塞江河而成，其上下游坝坡一般较人工土石坝要缓，撒开范围也更大。

针对滑坡堵江坝的主要工程地质问题，在进行工程综合治理时，应首先进行防洪标准复核、结构安全评价、渗流安全评价和抗震安全复核等几个方面的分析，以满足堰塞湖工程管理的需要。

1. 滑坡堵江坝工程治理分析

(1) 防洪标准复核：根据堰塞湖上游的水文资料和运行期延长的水文资料，考虑堰塞湖综合利用后上游地区人类活动的影响，应进行设计洪水复核和调洪计算，评价其用作水利工程的抗洪能力是否满足现行有关规范的要求。

(2) 结构安全计算：按国家现行规范复核计算堰塞湖（含近坝库岸）目前在静力条件下的变形、强度及稳定是否满足要求，如其位于6°以上地震区，还应进行地震结构安全论证。

(3) 渗流安全计算：评价滑坡堵江坝天然状态下渗流状态能否满足和保证其作为水利工程在渗漏和渗透稳定性方面的要求，以及是否需要设置渗流控制措施和治理渗漏的工程措施。

(4) 抗震安全复核：按现行规范复核堰塞湖工程现状是否满足抗震要求。

2. 滑坡堵江坝工程治理措施

根据滑坡堵江坝工程治理的分析计算结果，进行相应的工程治理。

(1) 坝体治理

当堰塞湖工程高程不满足防洪标准时，应通过加高坝顶高度或设置防浪墙的方式来满足防洪要求。如果堰塞湖泄洪能力不足，则应通过设置溢洪道等泄洪设施来保证堰塞湖的泄洪要求。通过上下游坝坡的整治，来满足堵江坝抗洪、抗滑、抗冲、抗震及其他涉及工程安全的治理措施。主要措施包括：

① “戴帽”加高

从坝顶上直接加高，而不是从背坡脚开始培厚加高。加高部分，迎水面可以利用防浪墙直立加高，背水面上部坡度加陡一些，与下游坡面相接，一般也应经过计算，在安全的条件下进行。限于坝坡稳定的要求，加高的高度有一定限制，不能加高过大，影响坝坡稳定。一般从背水坡脚加宽加厚，保证坝坡稳定。

② 从大坝背水坡培厚加高

这一措施，比“戴帽”加高工程量要大，造价也高。但为了满足大坝坝坡稳定的要求，也只有采取这一措施。

③ 增建溢洪道

在合适地形条件，增设溢洪道。

④ 大坝加高与增建溢洪道相结合

为提高堰塞湖防洪标准，加大下泄流量，可采用适当加高大坝与增建溢洪道

的综合措施。

（2）防渗治理

①采用截渗墙（薄防渗墙、定摆喷、板桩墙），劈裂灌浆等防渗体。在防渗体不能和地基防渗措施统筹实施时，可考虑截渗墙方案。

②透水地基垂直防渗处理可采用截水槽、截渗墙等作为防渗体。采用截水槽、截渗墙等防渗体时，材料可采用粘性土、土工膜、固化灰浆、水泥、水泥砂浆、混凝土、塑性混凝土、沥青混凝土、化学材料；施工可采用人工开挖、机械开挖、铺设、冲击钻、回转钻、抓斗、轮铣、射水、锯槽、斗式、多头钻、定摆喷、灌浆、板桩、搅拌桩等技术；其厚度和设置方式应满足材料允许渗透坡降要求；其防渗性能、效果应符合防渗要求和适应防渗体的布置。

③对于砂卵石含量较高、粒径较大的地层，则应考虑冲击钻、回转钻、抓斗、轮铣等成槽方式的截渗墙，也可考虑单排灌浆帷幕防渗或劈裂灌浆，配合其它渗流控制措施可以达到一定的渗流控制标准。

地基防渗体应布置在临水堤脚或坝顶偏临水侧，并与坝体防渗体有效连接，且符合变形协调的要求。

④水平铺盖加固

加固水平防渗铺盖，必须检查地区和坝址工程和水文地质状况，这是做好防渗加固的先决条件。通过勘察，了解坝基砂卵石平面和空间的分布情况、层次性质和分布规律以及地下水动态特性和渗透途径等，以便针对不同的具体条件，可能发生的问题、性质和程度，以及已成的铺盖情况，确定加固铺盖的具体尺寸、范围，铺盖层下是否需要增设反滤层，是否有软弱基础需要处理。同时，还要调查加固铺盖土料的料源、数量、级配、最大干容重、最优含水量、渗透系数和允许坡降等。

⑤排水减压设施加固

排水减压设施一般采用导渗沟、减压井及水平盖重压渗等设施。对导渗沟的加固，应根据设计要求，严格掌握层间关系，防止导水沟淤堵。

一旦发生淤堵情况或局部破坏，应及时清除和翻修。导渗沟的断面应满足正常排除渗水的要求，不足者，予以扩大。导渗沟还应有一定的纵坡和排水出路，如发现有积水，应及时加以整修，使渗透水能够及时地排除。对减压井的加固，主要是解决井内淤塞，起不到减压作用的问题，应及时冲水清理，但不要破坏井

壁反滤层，以免失去反滤作用。还要防止人为地向井内投小块石，如已发现，及时设法清除，并加强井口保护，以防再次发生。对水平压渗盖重设施的加固，如发现反滤层失效或压渗厚度不够，就及时翻修，满足设计厚度。

（3）液化治理

利用强夯、振冲挤密碎石桩法处理，改善了可液化砂土的原有松散结构，土体的密度增强，稳态强度提高，抗液化能力、抗流滑性增加，抵抗液化和变形的能力增加。

- ①振动加密。
- ②挤密砂桩及碎石桩。
- ③强夯、夯扩压实和振动压实。
- ④化学注浆。

三、堤防险情应对措施

地震引起的堤防工程破坏现象有：滑坡、裂缝、沉降、塌坑、管涌以及集中渗流破坏等。

按破坏原因和机理堤防险情可分为：

1. 因地震惯性力直接引起的滑坡和过大的沉降变形；
2. 因砂基液化导致的过大沉降变形、滑坡和堤基管涌等；
3. 因地震引发的堤基溶洞、管涌以及其它洞穴的塌陷；
4. 因沉降变形、滑坡导致的穿堤建筑物断裂并引发的集中渗流破坏等。

（一）洪水预报

在雨情预报的基础上，利用流域产汇流模型、水文学预报模型、水力学预报模型、人工神经网络预报模型等可以开展河道洪水演进计算和洪水预报。

（二）堤防险情与隐患诊断

地震引发堤防险情的检查与诊断，应遵循普查和重点检查相结合的原则，采用以外观检查为主，并结合其它有针对性的技术手段（物探、测量、水下探测）的方法。

外观检查包括堤身、堤基、穿堤建筑物和护岸工程等。

1. 堤身外观检查包括堤顶和堤坡两个方面，主要检查是否发生了裂缝、错断、塌坑、护坡架空、背水坡渗水等现象；
2. 堤基外观检查包括堤内和堤外两部分，主要检查是否发生鼓胀、裂缝、塌坑、管涌和集中渗水等现象；
3. 穿堤建筑物外观检查包括控制闸、涵管等，主要检查是否发生裂缝、倾斜、断裂和集中渗流等现象；
4. 护岸工程检查主要包括裂缝、滑坡检查等。

在外观普查和检查的基础上，应初步分析判断险情的成因、发展趋势和可能产生的后果，分清轻重缓急，采取必要的抢险保安措施。对险情成因、部位和趋势等难以判明和把握的情况，应采取相应的技术手段进行有针对性的深入检测。

（三）堤防破坏的应急除险加固

当地震与汛期高水位遭遇或即将面临高水位情况时，应立即采取抢险应急措

施。当距离汛期高水位状况还有一定时间时，应根据具体情况采取除险加固或应急抢险措施，以保证汛期高水位时堤防工程的安全。

1. 漏洞险情的抢护方法

（1）漏洞险情的抢护原则

一旦漏洞出水，险情发展很快，特别是浑水漏洞，将迅速危及堤防安全。所以一旦发现漏洞，应迅速组织人力和筹集物料，抢早抢小，一气呵成。抢护原则是：“前截后导，临重于背”。即在抢护时，应首先在临水找到漏洞进水口，及时堵塞，截断漏水来源，同时，在背水漏洞出水口采用反滤和围井，降低洞内水流流速，延缓并制止土料流失，防止险情扩大，切忌在漏洞出口处用不透水料强塞硬堵，以免造成更大险情。

（2）漏洞险情的抢护方法

① 塞堵法

塞堵漏洞进口是最有效最常用的方法，尤其是在地形起伏复杂，洞口周围有灌木杂物时更适用。一般可用软性材料塞堵，如针刺无纺布、棉被、棉絮、草包、编织袋包、网包、棉衣及草把等，也可用预先准备的一些软楔(见图 3-1)、草捆塞堵。在有效控制漏洞险情的发展后，还需用粘性土封堵闭气，或用大块土工膜、篷布盖堵，然后再压土袋或土枕，直到完全断流为止。1998 年汛期，汉口丹水池防洪墙背水侧发现冒水洞，出水量大，在出口处塞堵无效，险情十分危急，后在临水面探测到漏洞进口，立即用棉被等塞堵，并抛填闭气，使险情得以控制与消除。

在抢堵漏洞进口时，切忌乱抛砖石等块状料物，以免架空，致使漏洞继续发展扩大。



图 3-1 软楔示意图

② 盖堵法

I. 复合土工膜排体(见图 3-2)或蓬布盖堵

当洞口较多且较为集中,附近无树木杂物,逐个堵塞费时且易扩展成大洞时,可采用大面积复合土工膜排体或蓬布盖堵,可沿临水坡肩部位从上往下,顺坡铺盖洞口,或从船上铺放,盖堵离堤肩较远处的漏洞进口,然后抛压土袋或土枕,并抛填粘土,形成前戗截渗,见图 3-3

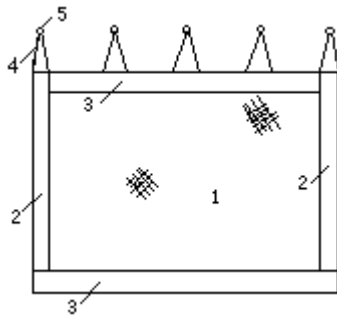


图 3-2 复合土工膜排体

1-复合土工膜; 2-纵向土袋筒(Φ60cm);
3-横向土袋筒(Φ60cm); 4-筋绳; 5-木桩

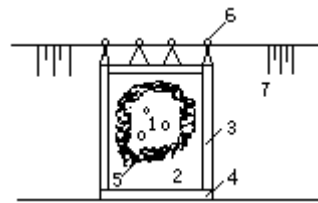


图 3-3 复合土工膜排体盖堵漏洞进口

1-多个漏洞进口; 2-复合土工膜排体;
3-纵向土袋枕; 4-横向土袋枕;
5-正在填压的土袋; 6-木桩; 7-临水堤坡

II. 就地取材盖堵。

当洞口附近流速较小、土质松软或洞口周围已有许多裂缝时,可就地取材用草帘、苇箔等重叠数层作为软帘,也可临时用柳枝、秸料、芦苇等编扎软帘。软帘的大小应根据洞口具体情况和需要盖堵的范围决定。在盖堵前,先将软帘卷起,置放在洞口的上部。软帘的上边可根据受力大小用绳索或铅丝系牢于堤顶的木桩上,下边附以重物,利于软帘下沉时紧贴边坡,然后用长杆顶推,顺堤坡下滚,把洞口盖堵严密,再盖压土袋,抛填粘土,达到封堵闭气,见图 3-4。



图 3-4 软帘盖堵示意图

采用盖堵法抢护漏洞进口,需防止盖堵初始时,由于洞内断流,外部水压力增大,洞口覆盖物的四周进水。因此洞口覆盖后必须立即封严四周,同时迅速用充足的粘土料封堵闭气。否则一旦堵漏失败,洞口扩大,将增加再堵的困难。

③ 戗堤法

当堤坝临水坡漏洞口多而小，且范围又较大时，在粘土料备料充足的情况下，可采用抛粘土填筑前戗或临水筑月堤的办法进行抢堵。

I. 抛填粘土前戗

在洞口附近区域连续集中抛填粘土，一般形成厚 3~5m、高出水面约 1m 的粘土前戗，封堵整个漏洞区域，在遇到填土易从洞口冲出的情况下，可先在洞口两侧抛填粘土，同时准备一些土袋，集中抛填于洞口，初步堵住洞口后，再抛填粘土，闭气截流，达到堵漏目的，见图 3-5。

临水筑月堤。如果临水水深较浅，流速较小，则可在洞口范围内用土袋迅速连续抛填，快速修成月形围堰，同时在围堰内快速抛填粘土，封堵洞口，见图 3-6。



图 3-5 粘土前戗截渗示意图

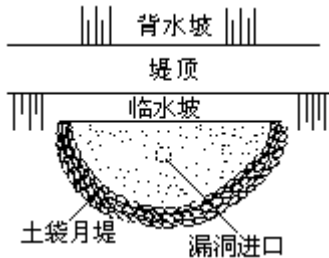


图 3-6 临水月堤堵漏示意图

漏洞抢堵闭气后，还应有专人看守观察，以防再次出险。

④ 辅助措施

在临水坡查漏洞进口的同时，为减缓堤土流失，可在背水漏洞出口处构筑围井，反滤导渗，降低洞内水流流速。切忌在漏洞出口处用不透水料强塞硬堵，致使洞口土体进一步冲蚀，导致险情扩大，危及堤防安全。

2. 管涌险情的抢护方法

(1) 抢护原则

抢护管涌险情的原则应是制止涌水带沙，而留有渗水出路。这样既可使沙层不再被破坏，又可以降低附近渗水压力，使险情得以控制和稳定。

值得警惕的是，管涌虽然是堤防溃口的极为明显和常见的原因，但对它的危险性仍有认识不足，措施不当，或麻痹疏忽，贻误时机的。如大围井抢筑不及，或高围井倒塌都曾造成决堤灾害。

(2) 抢护方法

①反滤围井

在管涌口处用编织袋或麻袋装土抢筑围井，井内同步铺填反滤料，从而制止涌水带沙，以防险情进一步扩大，当管涌口很小时，也可用无底水桶或汽油桶做围井。这种方法适用于发生在地面的单个管涌或管涌数目虽多但比较集中的情况。对水下管涌，当水深较浅时也可以采用。

围井面积应根据地面情况、险情程度、料物储备等来确定。围井高度应以能够控制涌水带沙为原则，但也不能过高，一般不超过 1.5m，以免围井附近产生新的管涌。对管涌群，可以根据管涌口的间距选择单个或多个围井进行抢护。围井与地面应紧密接触，以防造成漏水，使围井水位无法抬高。

围井内必须用透水料铺填，切忌用不透水材料。根据所用反滤料的不同，反滤围井可分为以下几种形式。

I. 沙石反滤围井

沙石反滤围井是抢护管涌险情的最常见形式之一。选用不同级配的反滤料，可用于不同土层的管涌抢险。在围井抢筑时，首先应清理围井范围内的杂物，并用编织袋或麻袋装土填筑围井。然后根据管涌程度的不同，采用不同的方式铺填反滤料：对管涌口不大、涌水量较小的情况，采用由细到粗的顺序铺填反滤料，即先装细料，再填过渡料，最后填粗料，每级滤料的厚度为 20~30cm，反滤料的颗粒组成应根据被保护土的颗粒级配事先选定和储备；对管涌口直径和涌水量较大的情况，可先填较大的块石或碎石，以消杀水势，再按前述方法铺填反滤料，以免较细颗粒的反滤料被水流带走。反滤料填好后应注意观察，若发现反滤料下沉可补足滤料，若发现仍有少量浑水带出而不影响其骨架改变（即反滤料不下陷），可继续观察其发展，暂不处理或略抬高围井水位。管涌险情基本稳定后，在围井的适当高度插入排水管（塑料管、钢管和竹管），使围井水位适当降低，以免围井周围再次发生管涌或井壁倒塌。同时，必须持续不断地观察围井及周围情况的变化，及时调整排水口高度，如图 3-7 所示。

II. 土工织物反滤围井

首先对管涌口附近进行清理平整，清除尖锐杂物。管涌口用粗料（碎石、砾石）充填，以消杀涌水压力。铺土工织物前，先铺一层粗沙，粗沙层厚 30~50cm。然后选择合适的土工织物铺上。需要特别指出的是，土工织物的选择是相当重要的，并不是所有土工织物都适用。选择的方法可以将管涌口涌出的水沙放在土工

织物上从上向下渗几次，看土工织物是否淤堵。若管涌带出的土为粉沙时，一定要慎重选用土工织物(针刺型)；若为较粗的沙，一般的土工织物均可选用。最后要注意的是，土工织物铺设一定要形成封闭的反滤层土工织物周围应嵌入土中，土工织物之间用线缝合。然后在土工织物上面用块石等强透水材料压盖，加压顺序为先四周后中间，最终中间高、四周低，最后在管涌区四周用土袋修筑围井。围井修筑方法和井内水位控制与沙石反滤围井相同(图 3-8)。

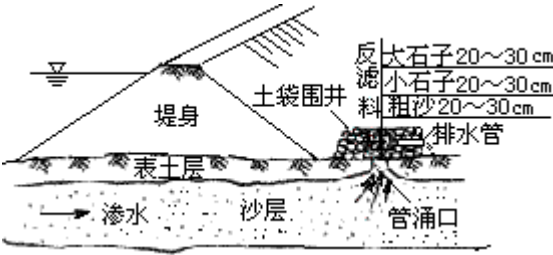


图 3-7 沙石反滤围井示意图

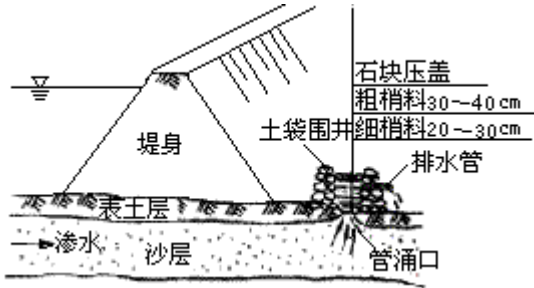


图 3-8 土工织物反滤围井示意图

III. 梢料反滤围井

梢料反滤围井用梢料代替沙石反滤料做围井，适用于沙石料缺少的地方。下层选用麦秸、稻草，铺设厚度 20~30cm。上层铺粗梢料，如柳枝、芦苇等，铺设厚度 30~40cm。梢料填好后，为防止梢料上浮，梢料上面压块石等透水材料。围井修筑方法及井内水位控制与沙石反滤围井相同(图 3-9)。

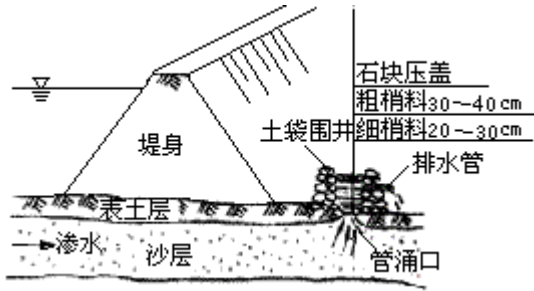


图 3-9 梢料反滤围井示意图

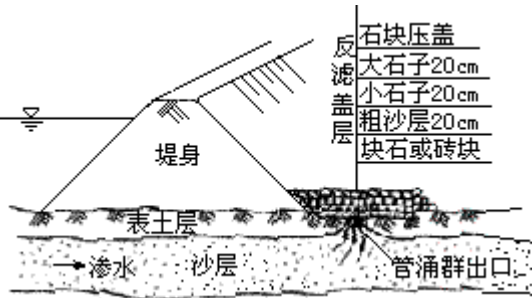


图 3-10 沙石反滤压盖示意图

② 反滤层压盖

在堤内出现大面积管涌或管涌群时，如果料源充足，可采用反滤层压盖的方法，以降低涌水流速，制止地基泥沙流失，稳定险情。反滤层压盖必须用透水性好的材料，切忌使用不透水材料。根据所用反滤材料不同，可分为以下几种。

I. 沙石反滤压盖(图 3-10)

在抢筑前，先清理铺设范围内的杂物和软泥，同时对其中涌水涌沙较严重的出口用块石或砖块抛填，消杀水势，然后在已清理好的管涌范围内，铺粗沙一

层，厚约 20cm，再铺小石子和大石子各一层，厚度均为 20cm，最后压盖块石一层，予以保护。

II. 梢料反滤压盖(图 3-11)

当缺乏沙石料时,可用梢料做反滤压盖。其清基和消杀水势措施与沙石反滤压盖相同。在铺筑时,先铺细梢料,如麦秸、稻草等,厚 10~15cm,再铺粗梢料,如柳枝、秫秸和芦苇等,厚约 15~20cm,粗细梢料共厚约 30cm,然后再铺席片、草垫或苇席等,组成一层。视情况可只铺一层或连铺数层,然后用块石或沙袋压盖,以免梢料漂浮。梢料总的厚度以能够制止涌水携带泥沙、变浑水为清水、稳定险情为原则。

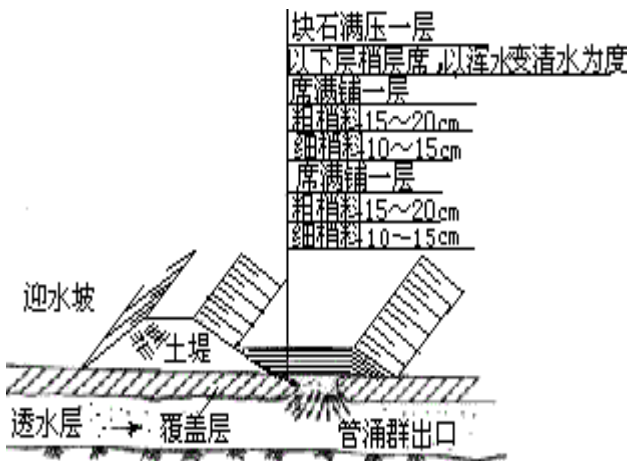
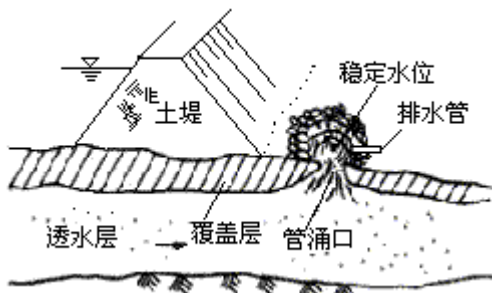
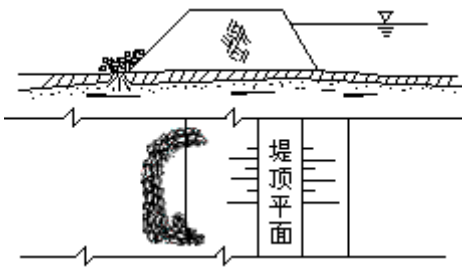


图 3-11 梢料反滤压盖示意图



(a) 无滤层围井示意图



(b) 背水月提示意图

图 3-12 蓄水反压示意图

③ 蓄水反压 (俗称养水盆)

即通过抬高管涌区内的水位来减小堤内外的水头差,从而降低渗透压力,减小出逸水力坡降,达到制止管涌破坏和稳定管涌险情的目的,见图 3-12。

该方法的适用条件是: a. 闸后有渠道,堤后有坑塘,利用渠道水位或坑塘水位进行蓄水反压; b. 覆盖层相对薄弱的老险工段,结合地形,做专门的大围堰(或称月堤)充水反压; c. 极大的管涌区,其他反滤盖重难以见效或缺少沙石料的地方。蓄水反压的主要形式有以下几种。

I. 渠道蓄水反压

一些穿堤建筑物后的渠道内，由于覆盖层减薄，常产生一些管涌险情，且沿渠道一定长度内发生。对这种情况，可以在发生管涌的渠道下游做隔堤，隔堤高度与两侧地面平，蓄水平压后，可有效控制管涌的发展。如安徽省的陈洲电排站、新河口站等老险闸站都采用此法除险。

II. 塘内蓄水反压

有些管涌发生在塘中，在缺少沙石料或交通不便的情况下，可沿塘四周做围堤，抬高塘中水位以控制管涌。但应注意不要将水面抬得过高，以免周围地面出现新的管涌。

III. 围井反压

对于大面积的管涌区和老的险工段，由于覆盖层很薄，为确保汛期安全度汛，可抢筑大的围井，并蓄水反压，控制管涌险情。如 1998 年安庆市东郊马窝段，局长江上的一个老险工段，覆盖层厚度仅 0.8~3m，汛期抢筑了五个大的围井，有效控制了 5km 长堤段内管涌险情的发生。

采用围井反压时，由于井内水位高、压力大，围井要有一定的强度，同时应严密监视周围是否出现新管涌。切忌在围井附近取土。

IV. 其他

对于一些小的管涌，一时又缺乏反滤料，可以用小的围井围住管涌，蓄水反压，制止涌水带沙。也有的用无底水桶蓄水反压，达到稳定管涌险情的目的。

④ 水下游管涌险情抢护

在坑、塘、水沟和水渠处经常发生水下游管涌，给抢险工作带来困难。可结合具体情况，采用以下处理办法：

I. 反滤围井。当水深较浅时，可采用这种方法。

II. 水下反滤层。当水深较深，做反滤围井困难时，可采用水下抛填反滤层的办法。如管涌严重，可先填块石以消杀水势，然后从水上向管涌口处分层倾倒沙石料，使管涌处形成反滤堆，使沙粒不再带出，从而达到控制管涌险情的目的，但这种方法使用沙石料较多。

III. 蓄水反压。当水下出现管涌群且面积较大时，可采用蓄水反压的办法控制险情，可直接向坑塘内蓄水，如果有必要，也可以在坑塘四周筑围堤蓄水。

⑤ “牛皮包”的处理

当地表土层在草根或其他胶结体作用下凝结成一片时，渗透水压把表土层顶起而形成的鼓包，俗称为“牛皮包”。一般可在隆起的部位，铺麦秸或稻草一层，厚 10~20cm，其上再铺柳枝、秫秸或芦苇一层，厚约 20~30cm。如厚度超过 30cm 时，可分横竖两层铺放，然后再压土袋或块石。

3. 渗水险情的抢护方法

(1) 堤身渗水的抢护原则

渗水的抢护原则应是“前堵后排”。“前堵”即在堤临水侧用透水性小的粘性土料做外帮防渗，也可用篷布、土工膜隔渗，从而减少水体入渗到堤内，达到降低堤内浸润线的目的；“后排”即在堤背水坡上做一些反滤排水设施，用透水性好的材料如土工织物、沙石料或稻草、芦苇做反滤设施，让已经渗出的水，有控制地流出，不让土粒流失，增加堤坡的稳定性。需特别指出的是，背水坡反滤排水只缓解了堤坡表面土体的险情，而对于渗水引起的滑动效果不大，需要时还应做压渗固脚平台，以控制可能因堤背水坡渗水带来的脱坡险情。

(2) 渗水险情的抢护方法

① 临水截渗

为减少堤防的渗水量，降低浸润线，达到控制渗水险情发展和稳定堤防边坡的目的，特别是渗水险情严重的堤段，如渗水出逸点高、渗出浑水、堤坡裂缝及堤身单薄等，应采用临水截渗。临水截渗一般应根据临水的深度、流速、风浪的大小，取土的难易，酌情采取以下方法。

I. 复合土工膜截渗。堤临水坡相对平整和无明显障碍时，采用复合土工膜截渗是简便易行的办法。具体做法是：在铺设前，将临水坡面铺设范围内的树枝、杂物清理干净，以免损坏土工膜。土工膜顺坡长度应大于堤坡长度 1m，沿堤轴线铺设宽度视堤背水坡渗水程度而定，一般超过险段两端 5—10m，幅间的搭接宽度不小于 50cm。每幅复合土工膜底部固定在钢管上，铺设时从堤坡顶沿坡向下滚动展开，土工膜铺设的同时，用土袋压盖，以免土工膜随水浮起，同时提高土工膜的防冲能力，参见第二章图 3—13。

(2) 抛粘土截渗。当水流流速和水深不大且有粘性土料时，可采用临水面抛填粘土截渗。将临水面堤坡的灌木、杂物清除干净，使抛填粘土能直接与堤坡土接触。抛填可从堤肩由上向下抛，也可用船只抛填。当水深较大或流速较大时，

可先在堤脚处抛填土袋构筑潜堰，再在土袋潜堰内抛粘土。粘土截渗体一般厚 2—3m，高出水面 1m，超出渗水段 3—5m。

II. 背水坡反滤沟导渗

当堤背水坡大面积严重渗水，而在临水侧迅速做截渗有困难时，只要背水坡无脱坡或渗水变浑情况，可在背水坡及其坡脚处开挖导渗沟，排走背水坡表面土体中的渗水，恢复土体的抗剪强度，控制险情的发展。

根据反滤沟内所填反滤料的不同，反滤导渗沟可分为三种：①在导渗沟内铺设土工织物，其上回填一般的透水料，称为土工织物导渗沟。②在导渗沟内填沙石料，称为沙石导渗沟。③因地制宜地选用一些梢料作为导渗沟的反滤料，称为梢料导渗沟。

a. 导渗沟的布置形式。导渗沟的布置形式可分为纵横沟、“Y”字形沟和“人”字形沟等。以“人”字形沟的应用最为广泛，效果最好，“Y”字形沟次之，见图 3—13(a)。

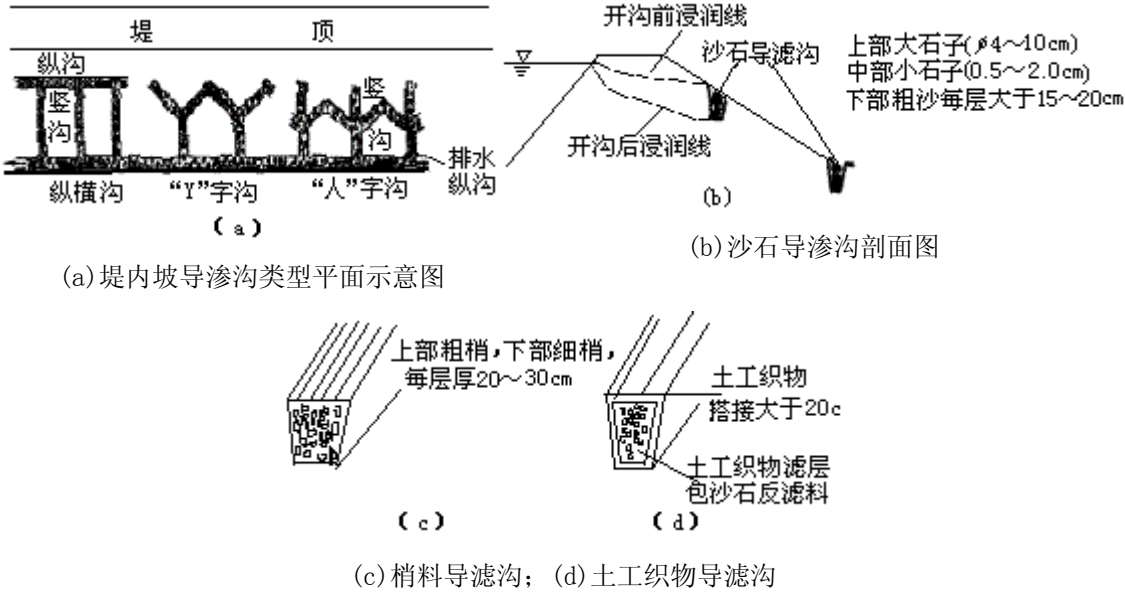


图 3—13 导渗沟铺填示意图

b. 导渗沟尺寸。导渗沟的开挖深度、宽度和间距应根据渗水程度和土壤性质确定。一般情况下，开挖深度、宽度和间距分别选用 30—50cm、30—50cm 和 6—10m。导渗沟的开挖高度，一般要达到或略高于渗水出逸点位置。导渗沟的出口，以导渗沟所截得的水排出离堤脚 2—3m 外为宜，尽量减少渗水对堤脚的浸泡。

c. 反滤料铺设。边开挖导渗沟，边回填反滤料。反滤料为沙石料时，应控制含泥量，以免影响导渗沟的排水效果；反滤料为土工织物时，土工织物应与沟的

周边结合紧密，其上回填碎石等一般的透水料，土工织物搭接宽度以大于 20cm 为宜；回填滤料为稻糠、麦秸、稻草、柳枝、芦苇等，其上应压透水盖重，见图 3—13(b)、(c)、(d)。

值得指出的是，反滤导渗沟对维护堤坡表面土的稳定是有效的，而对于降低堤内浸润线和堤背水坡出逸点高程的作用相当有限。要彻底根治渗水，还要视工情、水情、雨情等确定是否采用临水截渗和压渗因脚平台。

III. 背水坡贴坡反滤导渗

当堤身透水性较强，在高水位下浸泡时间长久，导致背水坡面渗流出逸点以下土体软化，开挖反滤导渗沟难以成形时，可在背水坡作贴坡反滤导渗。在抢护前，先将渗水边坡的杂草、杂物及松软的表土清除干净；然后，按要求铺设反滤料。根据使用反滤料的不同，贴坡反滤导渗可以分为三种：土工织物反滤层；沙石反滤层；梢料反滤层，见图 3—14。

IV. 透水压渗平台

当堤防断面单薄，背水坡较陡，对于大面积渗水，且堤线较长，全线抢筑透水压渗平台的工作量大时，可以结合导渗沟加间隔透水压渗平台的方法进行抢护。透水压渗平台根据使用材料不同，有以下两种方法：

a. 沙土压渗平台。

首先将边坡渗水范围内的杂草、杂物及松软表土清除干净，再用沙砾料填筑后戗，要求分层填筑密实，每层厚度 30cm，顶部高出浸润线出逸点 0.5—1.0m，顶宽 2—3m，戗坡一般为 1:3—1:5，长度超过渗水堤段两端至少 3m，见图 3—15。

b. 梢土压渗平台。当填筑砂砾压渗平台缺乏足够料物时，可采用梢土代替沙砾，筑成梢土压浸平台。其外形尺寸以及清基要求与沙土压渗平台基本相同，见

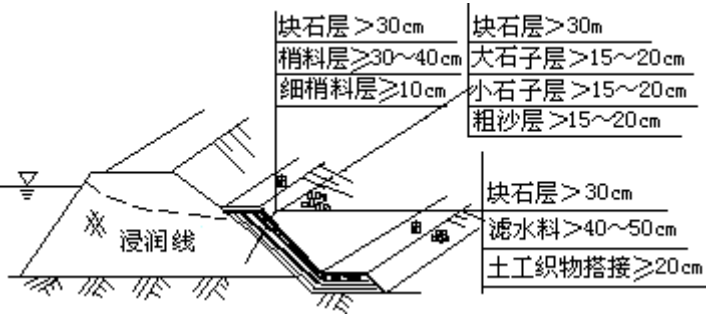


图 3—14 土工织物、沙石、梢料反滤层示意图

图 3—16，梢土压渗平台厚度为 1~1.5m。贴坡段及水平段梢料均为三层，中间层粗，上、下两层细。

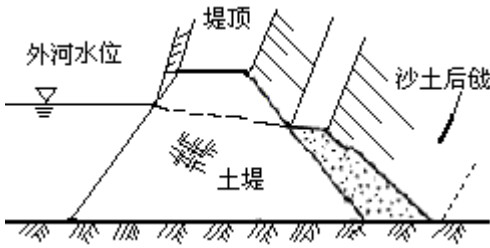


图 3—15 沙石后戗示意图

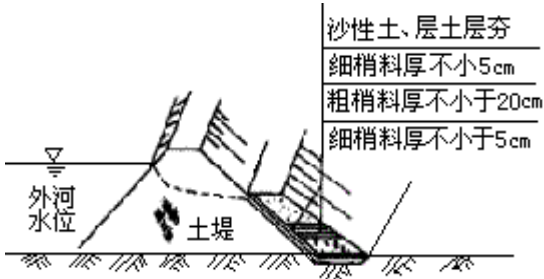


图 3—16 梢土后戗示意图

4.接触冲刷险情的抢护方法

(1) 接触冲刷险情的抢护原则

穿堤建筑物与堤身、堤基接触带产生接触冲刷，险情发展很快，直接危及建筑物与堤防的安全，所以抢险时，应抢早抢小，一气呵成。抢护原则是在建筑物临水面进行截堵，背水面进行反滤导水，特别是基础与建筑物接触部位产生冲刷破坏时，应抬高堤内渠道水位，减小冲刷水流流速。对可能产生建筑物塌陷的，应在堤临水面修筑挡水围堰或重新筑堤等。

(2) 接触冲刷险情的抢护方法

抢护接触冲刷险情可以根据具体情况采用以下几种方法：

① 临水堵截

I. 抛填粘土截渗

a. 适用范围。临水不太深，风浪不大，附近有粘土料，且取土容易，运输方便。

b. 备料。由于穿堤建筑物进水口在汛期伸入江河中较远，在抛填粘土时，需要土方量大，为此，要充分备料，抢险时最好能采用机械运输，及时抢护。

c. 坡面清理。粘土抛填前，应清理建筑物两侧临水坡面，将杂草、树木等清除，以使抛填粘土能较好地与临水坡面接触，提高粘土抛填效果。

d. 抛填尺寸。沿建筑物与堤身、堤基结合部抛填，高度以超出水面 1m 左右为宜，顶宽 2—3m。

e. 抛填顺序。一般是从建筑物两侧临水坡开始抛填，依次向建筑物进水口方向抛填，最终形成封闭的防渗粘土斜墙。

II. 临水围堰

临水侧有滩地，水流流速不大，而接触冲刷险情又很严重时，可在临水侧抢筑围堰，截断进水，达到制止接触冲刷的目的。临水围堰一定要绕过建筑物顶端，将建筑物与土堤及堤基结合部位围在其中。可从建筑物两侧堤顶开始进占抢筑围堰，最后在水中合拢；也可用船连接圆型浮桥进行抛填，加大施工进度，即时抢护。

在临水截渗时，靠近建筑物侧墙和涵管附近不要用土袋抛填，以免产生集中渗漏；切忌乱抛块石或块状物，以免架空，达不到截渗目的。

② 堤背水侧导渗

I. 反滤围井

当堤内渠道水不深时(小于 2.5m)，在接触冲刷水流出口处修筑反滤围井，将出口围住并蓄水，再按反滤层要求填充反滤料。为防止因水位抬高，引起新的险情发生，可以调整围井内水位，直至最佳状态为止，即让水排出而不带走沙土。具体方法见管涌抢护方法中的反滤围井。

II. 围堰蓄水反压

在建筑物出口处修筑较大的围堰，将整个穿堤建筑物的下游出口围在其中，然后蓄水反压，达到控制险情的目的。其原理和方法与抢护管涌险情的蓄水反压相同。

在堤背水侧反滤导渗时，切忌用不透水料堵塞，以免引起新的险情。在堤背水侧蓄水反压时，水位不能抬得过高，以免引起围堰倒塌或周围产生新的险情。同时，由于水位高，水压大，围堰要有足够的强度，以免造成围堰倒塌而出现溃口性险情。

③ 筑堤

当穿堤建筑物已发生严重的接触冲刷险情而无有效抢护措施时，可在堤临水侧或堤背水侧筑新堤封闭，汛后作彻底处理。具体方法如下。

I. 方案确定

首先应考虑抢险预案措施，根据地形、水情、人力、物力、抢护工程量及机械化作业情况，确定是筑临水围堤还是背水围堤。一般在堤背水侧抢筑新堤要容易些。

II. 筑堤线路确定

根据河流流速、滩地的宽窄情况及堤内地形情况，确定筑堤线路，同时根据工程量大小，以及是否来得及抢护，确定筑堤的长短。

III. 筑堤清基要求

确定筑堤方案和线路后，筑堤范围也即确定。首先应清除筑堤范围内的杂草、淤泥等，特别是新、老堤结合部位应清理彻底。否则一旦新堤挡水，造成结合部集中渗漏，将会引起新的险情发生。

IV. 筑堤填土要求

一般选用含沙少的壤土或粘土，严格控制填土的含水量、压实度，使填土充分夯实或压实，填筑要求可参考有关堤防填筑标准。

5.漫溢险情的抢护方法

通过对气象、水情、河道堤防的综合分析，对有可能发生漫溢的堤段，其抢护的有效措施是：抓紧洪水到来之前的宝贵时间，在堤顶上加筑子堰。首先要因地制宜，迅速明确抢筑子堰的形式、取土地点以及施工路线等，组织人力、物料、机具，全线不留缺口，完成子堰的抢筑，并加强工程检查监督，确保子堰的施工质量，使其能承受水压，抵御洪水的浸泡和冲刷。堰顶高要超出预测推算的最高洪水位，做到子堰不过水，但从堤身稳定考虑，子堰也不宜过高。各种子堰的外脚一般都应距大堤外肩 0.5—1.0m。抢筑各种子堰前应彻底清除地基的草皮、杂物，将表层刨毛，以利新老土层结合，并在堰轴线开挖一条结合槽，深 20cm 左右，底宽 30cm 左右。子堰的形式大约有以下几种，可根据实际情况确定。

(1) 粘性土堰

现场附近拥有可供选用含水量适当的粘性土，可筑均质粘土堰，不得用沼泽腐植土或沙土填筑，要分层夯实，堰顶宽 0.6—1.0m，边坡不应陡于 1:1，子堰水面可用编织布防护抗冲刷，编织布下端压在堰基下。当情况紧急，来不及从远处取土时，堤顶较宽的可就近在背水侧堤肩的浸润线以上部分堤身借土筑堰，见图 3-17。这是不得已而为之，当条件许可时应抓紧修复。

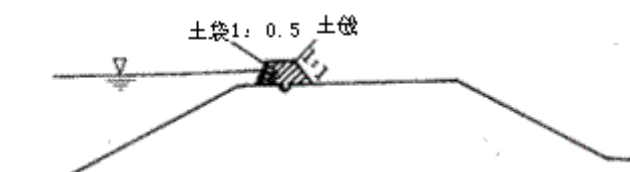
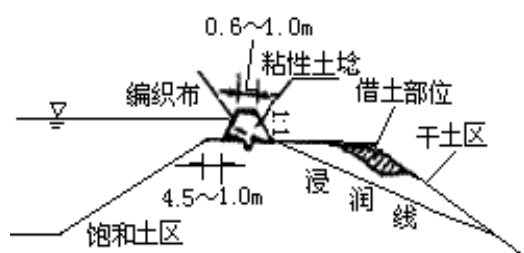


图 3-18 袋装土堰剖面图

图 3-17 粘性土地剖面示意图

(2) 袋装土堰

这是抗洪抢险中最为常用的形式，土袋临水可起防冲作用，广泛采用的是土工编织袋，麻袋和草袋亦可，汛期抢险应确保充足的袋料储备。此法便于近距离装袋和输送。为确保子堰的稳定，袋内不得装填粉细沙和稀软土，因为它们的颗粒容易被风浪冲刷吸出，宜用粘性土、砾质土装袋。装袋 7-8 成，最好不要用绳索扎口，可用尼龙线缝合袋口，使土袋砌筑服贴，袋口朝背水面，排列紧密，错开袋缝，上下袋应前后交错，上袋退后，成 1: 0. 3—1: 0. 5 的坡度。不足 1m 高的子堰临水面叠铺一排(或一丁一顺)，较高于捻底层可酌情加宽为两排以上。土袋内侧缝隙可在铺砌时分层用沙土填密实，外露缝隙用稻草、麦秸等塞严，以免袋后土料被风浪抽吸出来。土袋的背水面修土戗，应随土袋逐层加高而分层铺土夯实，见图 3-18。

(3) 桩柳(桩板)土堰

当抢护堤段缺乏土袋，土质较差，可就地取材修筑桩柳(桩板)土堰。将梢径 6—10cm 的木桩打入堤顶，深度为桩长的 1/3~1/2，桩长根据堰高而定，桩距 0. 5~1. 0m，起直立和固定柳把(木板或门板)的作用。柳把是用柳枝或芦苇、秸料等捆成，长 2~3m，直径 20cm 左右，用铅丝或麻绳绑扎于桩后(亦可用散柳厢修)，自下而上紧靠木桩逐层叠捆。应先在堤面开挖 10cm 的槽沟，使第一层柳把置入沟内。柳把起防风浪冲刷和挡土作用，在柳把后面散置一层厚约 20cm 的秸料，在其后分层铺土夯实(要求同粘性土戗)作成土戗。也可用木板(门板)、秸箔等代替柳把。

临水面单排桩柳(桩板)戗，顶宽 1. 0m，背水坡 1: 1。见图 3-19。当抢护堤段堤顶较窄时，可用双排桩柳或桩板的子戗，里外两排桩的净桩距：桩柳取 1. 5m，桩板取 1. 1m。对应两排桩的桩顶用 18~20 号铅丝拉紧或用木杆连接牢固。两排桩内侧分别绑上柳把或散柳、木板等，中间分层填土并夯实，与堤结合部同样要开挖轴线结合槽，见图 3-20。

(4) 柳石(土)枕戗

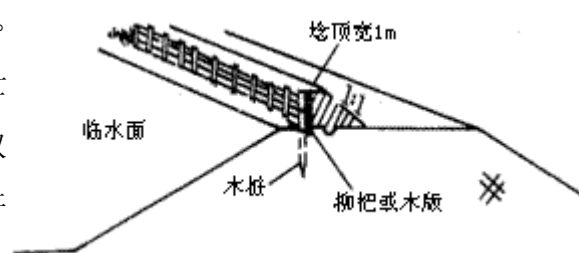


图 3-19 单排桩柳(木板)戗示意

对取土特别困难而当地柳源丰富的抢护堤段，可抢筑柳石(土)枕埝。用 16 号铅丝扎制直径 0.15m、长 10m 的柳把，铅丝扎捆间距 0.3m，由若干条这样的柳把，围包裹作为枕芯的石块(或土)，用 12 号铅丝间距 1m 扎成直径 0.5m 的圆柱状柳枕。若子埝高 0.5m，只需 1 个柳石枕置于临水面即可，若子埝是 1.0m 和 1.5m 高，则应需 3 个和 6 个柳石枕叠置于临水面(成品字形)，底层第一枕前缘距临水堤肩 1.0m，应在该枕两端各打木桩一个，以此固定，在该枕下挖深 10cm 的条槽，以免滑动和渗水。枕后如同上述各种子埝，用土填筑戗体，埝顶宽不应小于 1.0m，边坡 1: 1。若土质差，可适当加宽顶部放缓边坡，见图 3-21。

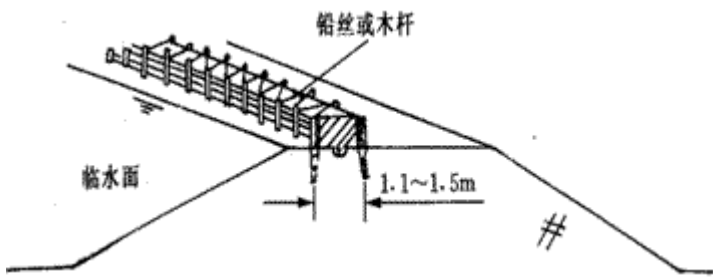


图 3-20 双排桩柳(木板)埝示意图

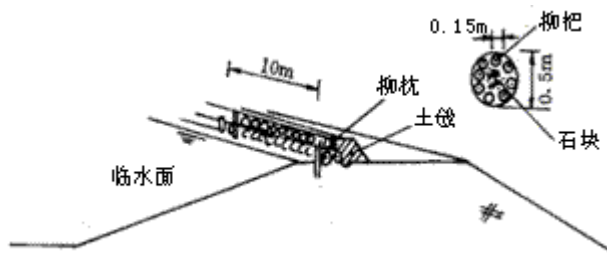


图 3-21 柳石(土)枕埝示意图

5. 防浪墙子埝

如果抢护堤段原有浆砌块石或混凝土防浪墙，可以利用它来挡水，但必须在墙后用土袋加筑后戗，防浪墙体可作为临时防渗防浪面，土袋应紧靠防浪墙后叠砌(同袋装土埝)。根据需要还可适当加高档水，其宽度应满足加高的要求，见图 3-22。

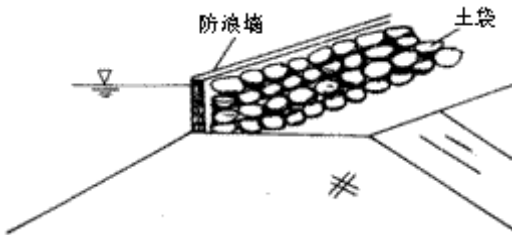


图 3-22 防浪墙子埝示意图

6.风浪险情的抢护方法

(1) 河段封航

根据《中华人民共和国防洪法》第四十五条，当宣布进入紧急防汛期，必要时，公安、交通等部门可按防汛指挥机构的决定依法实施水面交通管制，对部分或全部河段实行封航措施，消除船舶航行波浪的危害。

(2) 堤坡防护

对未设置护坡的土堤，临时用防汛料物加工铺压临水堤坡面，增强其抗冲能力，这是常用的方法，具体有以下几种。

① 土(石)袋防护

用编织袋、麻袋或草袋装土、沙、碎石或碎砖等，平铺迎水堤坡，装袋要求与前述袋装土埝相同。此法适于土堤抗冲能力差，缺少柳、秸等软料，风浪破坏较严重的堤段，4级风可用土、沙袋，6级以上风浪应使用石袋。



图 3-23 土(石)袋防护剖面示意图

放置土袋前，对于水上部分或水深较浅的堤坡适当削平，并铺上土工织物，也可铺软草一层大约 0.1m 厚，起反滤作用，防止风浪把土掏出，在风浪冲击的范围内摆放土袋底向外、口向里，互相叠压，袋间要挤压严密，上下错缝，铺设到浪高以上，确保防浪效果。如果堤坡稍陡或土质太差，土袋容易滑动。可在最下一层土袋前面打木桩一排，长度 1m，间隔 0.3~0.4m，见图 3-23。此法制作和铺放简便灵活，可随需要增铺，但要注意土袋中的土易被冲失，石袋为佳；草袋易腐烂，如使用时间长则需更换。

② 土工织物防护

在受风浪冲击的坡面铺置土工织物之前，应清除堤坡上的块石、土块、树枝等杂物，以免使织物受损。织物宽度不一，一般不小于 4m，宽的可达 8~9m，可根据需要预先粘贴、焊接，顺堤格接的长度不小于 1m，织物上沿一般应高出洪水位 1.5~2.0m。为了避免被风浪揭开，织物的四周可用 20cm 厚的预制混凝土压块，或碎石袋(土袋不宜)镇压，如果堤坡过陡，压石袋可能向下滑脱，在险情紧迫时，应适当多压。此外，也可顺堤

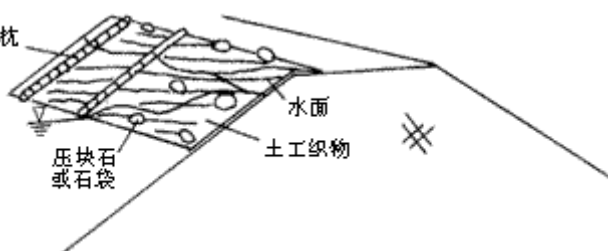


图 3-24 土工织物防护示意图

坡每隔 2~3m 将土工织物叠缝成条形土枕，内冲填沙石料，见图 3-24。

③ 柳箔防护

将柳、苇、稻草或其他秸料编织成席箔，铺在堤坡并加以固定，其抗冲、抗淘刷性也较好。具体做法是用 18 号铅丝捆扎成直径 0.1m、长约 2m 的柳把，再连成柳箔，其上端以 8 号铅丝或绳缆系在堤顶打牢的木桩上，木桩 1m 长，在距临水堤肩 2~3m 处，打上一排，间隔 3m 一个。柳箔下端适当坠以块石或土袋，使柳箔贴在堤坡上，柳把方向与堤线垂直，必要时可在柳箔面上再压块石或沙袋，防止其漂浮或滑动。必须把高低水位范围内被波浪冲刷的坡面全部护住，如果铺得不严密，堤土仍很容易被水淘出。使用此方法要随时观察，防止木桩以及起固定作用的沙袋被风浪冲坏，见图 3-25。

④ 柴草（桩柳）防护

在受风浪冲击的堤坡水面以下打一排签桩，把柳、芦、秸料等梢料分层铺在堤坡与签桩之间，直到高出水面 1m，以石块或土袋压在梢料上面，防止漂浮，如图 3-26 所示。当水位上涨，一级不够时，可退后同法做二级或多级。

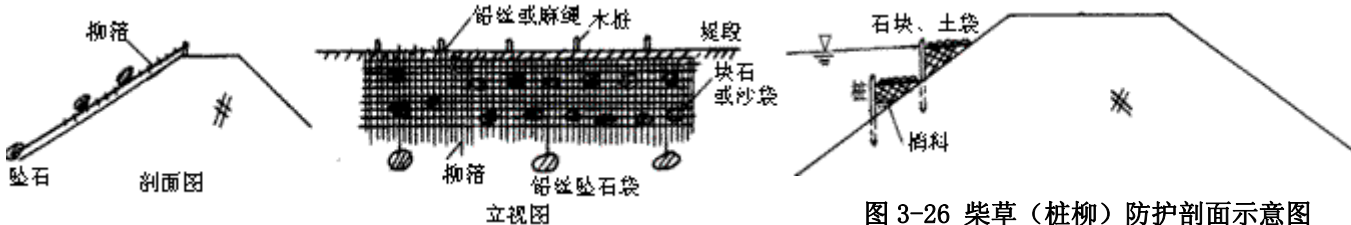


图 3-25 柳箔防护示意图

图 3-26 柴草（桩柳）防护剖面示意图

(4) 消浪防护

为削减波浪的冲击力，可以在靠近堤坡的水面漂浮芦柴、柳枝、湖草和木头等材料的捆扎体，设法锚定，防止被风浪水流冲走。消浪方法具体有以下几种。

① 柳枝消浪

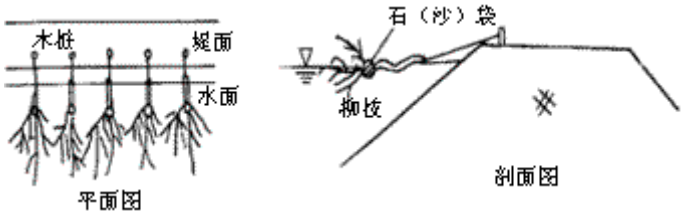


图 3-26 柳枝消浪示意图

凡沿江河湖泊堤防种植柳树很多的地方可用此法。用大柳树枝叶多的上部，要求干长 1m 以上，枝径 0.1m 左右，也可几棵捆扎使用，在堤顶打木桩，其校长 1.5~2m，直径 0.1~0.15m，桩距 2~3m。用 8 号铅丝或绳子把柳枝干的头部系在木桩上，树梢伸向堤外，并在树杈处捆扎石(沙)袋，使树梢沉入水下，顺堤边坡推柳入水。如果堤坡已有坍塌，则从其下游向上游顺序逐棵压茬。应根据溜坡和坍塌情况确定棵间距及挂深，在主溜附近要挂密一些，边上挂稀一些，根据防护的需要可在已挂柳之间，再补茬签挂。此法一般在 4~5 级风浪下，枝梢面大，消浪作用较好，但要注意枝杈摇动损坏坡面。当柳叶腐烂失效时，可采取补救措施，防止效能的减低，见图 3-26。

② 枕排消浪

将柳枝、芦苇或秸料扎成枕，其直径 0.5~0.8m；堤直的用长枕，可达 30~50m，弯度大的堤用短枕，枕心卷入直径 5~7cm 的竹缆二根或粗 3~4cm 的麻绳做龙筋(芯)，枕的纵向隔 0.6~1.0m 用 10~14 号铅丝捆扎。在堤顶距临水堤肩 2~3m 到背水坡之间打木桩，校长 0.8~1.2m，桩距 3~5m，用绳缆将枕拴牢于桩上，绳缆可以收紧或松开，使枕随水位变化而上下移动，起到消浪作用。

拴一枕称为单枕，也可挂用两个或更多的枕，用绳缆木杆或竹竿把它们捆扎在一起成为枕排，也叫连环枕，要使最外面的枕高浮水面，枕径也要大一些，它直接迎击风浪，后面的枕径可小一些，以消除余浪。

枕排要比单枕牢固，效果也高，可防七级以下的风浪。枕位不稳，可适当在枕上拴上块石或沙袋，见图 3-27 此法不损坏堤坡面，消浪效果好，制作简单，但必须扎结牢实，柳枕使用时间较短，而造价低。

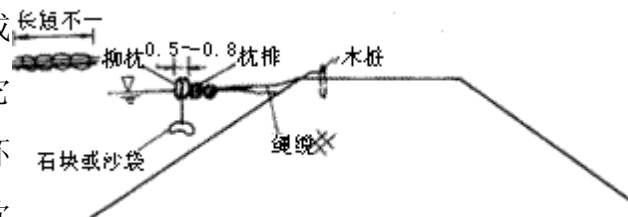


图 3-27 枕排（单枕、多枕）消浪示意图

③ 湖草排消浪

汛期割下湖区菱、茭等各种浮生水草，编扎草排(也称浮敦)，有些蔓植草类可用木杆、竹杆捆扎，排的面积尽可能大，可用船拖动就位，也可把湖草运到现场捆扎。拴固方法同上述枕排，系在木桩上，也可锚固，使其浮在距堤坡 3~5m 的水面上。缺湖草时也可用其他软草代替。此法防浪效果好，造价低，但易被风浪破坏，不能防大风浪，见图 3-28。随着洪水位的变化，随时注意调整拴排缆绳和锚索的长短，使湖草排能正常起到消浪的作用。

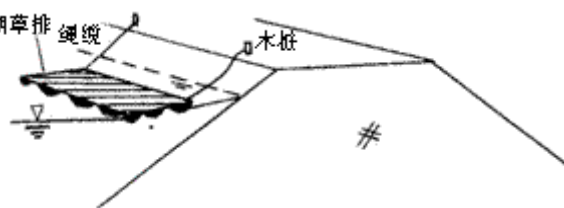


图 3-28 湖草排消浪示意图

④ 木排消浪

使用木排或竹排消浪，效果较好，结构比其他排牢固、耐用，不易散架，汛后还可运用。但用量大，锚链困难，属硬性材料，一旦断开，直接威胁堤坝安全，因此使用时要随时检查，及时加固。将 5~15cm 的圆木以绳缆或铅丝捆扎，重叠 3~4 层，使厚度达到 30~50cm(一般为水深的 1/10~1/20 效果较好)，宽度 1.5~2.5m(越宽效果越好)，长度 3~5m，可把几个木排连接起来。圆木间的空隙约为圆木直径的一半，可夹以芦柴把和柳把等，节省木材用量，降低造价。楠竹与圆木处理办法相同。为了增强防浪效果，应在竹木排下面坠以块石或沙石袋。防浪竹木排应抛锚固定在堤边坡以外 10~40m 范围，水面越宽，距离应越远，避免撞击堤身。锚链长度应稍大于水深，防止锚链被拔起(走锚)。为了防止木排自己移动，锚链也不要过长。若木排较小，可以直接拴在堤顶木桩上，但要随时调整绳缆，防止撞击堤身。木排距堤坡一般为浪长的 2~3 倍，此时消浪效果较好，太近易撞，太远会失效。所谓浪长指两个浪峰的距离。一般使用木排消浪要特别慎重，使用不是很多，见图 3-29。

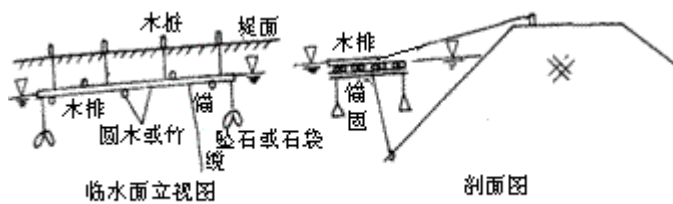


图 3-29 木（竹）排消浪示意图

在选用漂浮物消浪的方法时，注意满足消能作用大、范围宽广的要求，避免余波淘刷，力争多使水体本身干扰消能，少与波浪直接撞击。

以上防浪措施中都要注意不要对堤身造成过分损伤。例如，打木桩不宜过密过深，以免破坏堤身土体结构，降低自身的抗洪能力。

7. 临水面滑坡的抢护方法

(1) 临水面滑坡抢护的基本原则

抢护的基本原则是：尽量增加抗滑力，尽快减小下滑力。具体地说，“上部削坡，下部固坡”，先固脚，后削坡。

(2) 临水面滑坡抢护的基本方法

汛期临水面水位较高，采用的抢护方法，必须考虑水下施工问题。

① 增加抗滑力的方法

I. 做土石戗台。在滑坡阻滑体部分做土石戗台，滑坡阻滑体部位一时难以精确划定，最简单的办法是，戗台从堤脚往上做，分二级，第一级厚度 1.5~2.0m，第二级厚度 1.0~1.5m(见图 3-30)。

土石戗台断面结构，如图 3-31 所示。

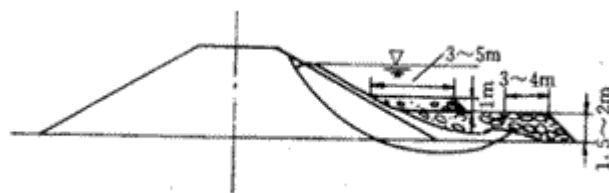


图 3-30 土石戗台断面示意图



图 3-31 土石戗台断面结构示意图

采用本抢护方案的基本条件是：堤脚前未出现崩岸与坍塌险情，堤脚前滩地是稳定的。

II. 做石撑。当做土石戗台有困难时，比如滑坡段较长，土石料紧缺时，应做石撑临时稳定滑坡。该法适用于滑坡段较长，水位较高。采用此法的基本条件

与(1)做土石戗台的基本条件相同。石撑宽度 4~6m，坡比 1: 5，撑顶高度不宜高于滑坡体的中点高度，石撑底脚边线应超出滑坡下口 3m 以远(见图 3-32)。石撑的间隔不宜大于 10m。

III. 堤脚压重，保证滑动体稳定，制止滑动进一步发展。滑坡是由于堤前滩地崩岸、坍塌而引起的，那么，首先要制止崩岸的继续发展，最简单的办法是堤脚抛石块、石笼、编织袋装土石等抗冲压重材料，在极短的时间内制止崩岸与坍塌进一步发展。

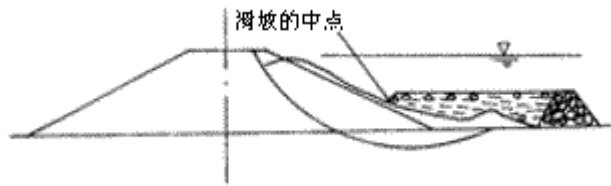


图 3-32 石撑断面示意图

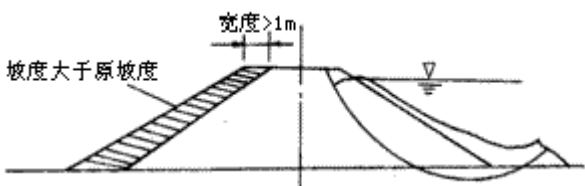


图 3-33 背水坡贴坡补地示意图

② 背水坡贴坡补强

当临水面水位较高，风浪大，做土石戗台、石撑等有困难时，应在背水坡及时贴坡补强。贴坡的厚度应视临水面滑坡的严重程度而定，一般应大于滑坡的厚度，贴坡的坡度应比背水坡的设计坡度略缓一些。贴坡材料应选用透水的材料，如沙、沙壤土等。如没有透水材料，必须做好贴坡与原堤坡间的反滤层(反滤层做法与渗水抢险中的背水反滤导渗法相同)，以保证堤身在渗透条件不被破坏。背水坡贴坡补强断面参见图 3-33。背水坡贴坡的长度要超过滑坡两端各 3m 以上。

8.背水面滑坡的抢护方法

(1) 背水面滑坡抢护的基本原则

减小滑动力，增加抗滑力。即上部削坡，下部堆土压重。如滑坡的主要原因是渗流作用时应同时采取“前截后导”的措施。

(2) 背水面滑坡抢护的基本方法

① 减少滑动力

I. 削坡减载。削坡减载是处理堤防滑坡最常用的方法，该法施工简单，一般只用人工削坡即可。但在滑坡还继续发展，没有稳定之前，不能进行人工削坡。一定要等滑坡已经基本稳定后(大约半天至 1 天时间)才能施工。一般情况下，可将削坡下来的土料压在滑坡的堤脚上做压重用。

II. 在临水面上做截渗铺盖，减少渗透力。当判定滑坡是由渗透力而引起的，及时截断渗流是缓解险情的重要措施之一。采用此法的条件是：坡脚前有滩地，

水深也较浅，附近有粘土可取。在坡面上做粘土铺盖阻截或减少渗水，尽快减小渗透力，以达到减少滑动力的目的。

III. 及时封堵裂隙，阻止雨水继续渗入。滑坡后，滑动体与堤身间的裂隙应及时处理，以防雨水沿裂隙渗入到滑动面的深层。保护滑动面深处土体不再浸水软化，强度不再降低。封堵裂隙的办法有：用粘土填筑捣实，如没有粘土，也可就地捣实后覆盖土工膜。该法与上述截渗铺盖一样只能是维持滑坡不再继续发展，不能根治滑坡。在封堵滑坡裂隙的同时，必须尽快进行其他抢护措施的施工。

IV. 在背水坡面上做导渗沟，及时排水，可以进一步降低浸润线，减小滑动力。

② 增加抗滑力

增加抗滑力才是保证滑坡稳定，彻底排除险情的主要办法。

增加抗滑力的有效办法是增加抗滑体本身的重量，见效快，施工简单，易于实施。

I. 做滤(透)水反压平台(俗称马道、滤水后戗等)。如用沙、石等透水材料做反压平台，因沙、石本身是透水的，因此，在做反压平台前无须再做导渗沟。用沙、石做成的反压平台，称透水反压平台。

在欲做反压平台的部位(坡面)挖沟，沟深 20~40cm，沟间距 3~5m，在沟内放置滤水材料(粗沙、碎石、瓜子片、塑料排水管等)导渗，这与第四章中所述的导渗沟相类似。导渗沟下端伸入排渗体内将水排出堤外，绝不能将导渗沟通向堤外的渗水通道阻塞。做好导渗沟后，即可做反压平台。沙、石、土等均可做反压平台的填筑材料。

反压平台在滑坡长度范围内应全面连续填筑，反压平台两端应长至滑坡端部 3m 以远。第一级平台厚 2m，平台边线应超出滑坡隆起点 3m 以远；第二级平台厚 1m，详见图 3-34。

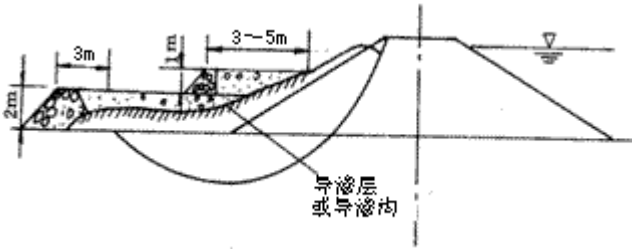


图 3-34 滤(透)水反压平台断面示意图

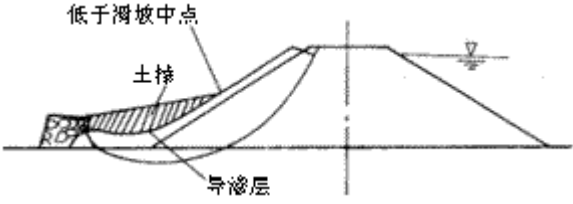


图 3-35 滤(透)水土撑断面示意图

II. 做滤(透)水土撑。当用沙、石等透水材料做土撑材料时,不需再做导渗沟,称此类土撑为透水土撑。由于做反压平台需大量的土石料,当滑坡范围很大,土石料供应又紧张的情况下,可做滤(透)水土撑。滤(透)水土撑,与反压平台的区别是:前者分段,一个一个的填筑而成。每个土撑宽度 5~8m,坡比 1: 5。撑顶高度不宜高出滑坡体的中点高度。这样做是保证土撑基本上压在阻滑体上。土撑底脚边线应超出滑坡下出口 3m 以远,土撑的间隔不宜大于 10m。土撑的断面如图 3-35 所示。

III. 堤脚压重。在堤脚下挖塘或建堤时,因取土坑未回填等原因,使堤脚失去支撑而引起滑坡时,抢护最有效的办法是尽快用土石料将塘填起来,至少应及时地把堤脚已滑移的部位,用土石料压住。在堤脚住稳后基本上可以暂时控制滑坡的继续发展,争取时间,从容地实施其他抢护方案。实质上该法就是反压平台法的第一级平台。

在做压脚抢护时,必须严格划定压脚的范围,切忌将压重加在主滑动体部位。抢护滑坡施工不应采用打桩等办法,震动会引起滑坡的继续发展。

③ 滤水还坡

汛前堤防稳定性较好,堤身填筑质量符合设计要求,正常设计水位条件下,堤坡是稳定的。但是,如在汛期出现了超设计水位的情况,渗透力超过设计值将会引起滑坡,这类滑坡都是浅层滑坡,滑动面基本不切入地基中,只要解决好堤坡的排水,减少渗透力即可将滑坡恢复到原设计边坡,此为滤水还坡。滤水还坡有以下四种做法。

I. 导渗沟滤水还坡。先清除滑坡的滑动体,然后在坡面上做导渗沟,用无纺土工布或用其他替代材料,将导渗沟覆盖保护,在其上用沙性土填筑到原有的堤坡,如图 3-36 所示。

导渗沟的开挖,应从上至下分段进行,切勿全面同时开挖。

II. 反滤层滤水还坡。该法与导渗沟滤水还坡法一样,其不同之处是将导渗沟滤水改为反滤层滤水。反滤层的做法与渗水抢险中的背水坡反滤导渗的反滤做法相同,详见堤基管涌险情抢护。

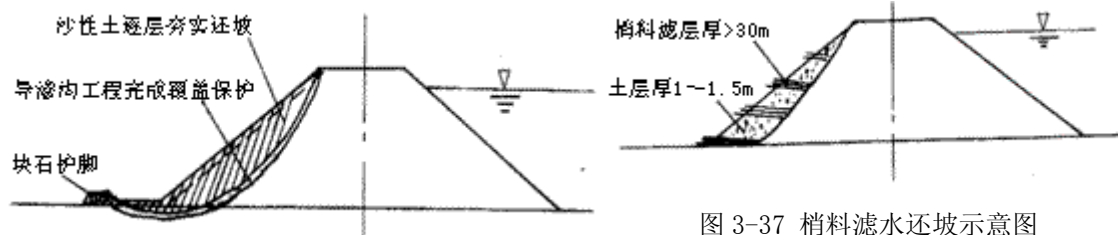


图 3-36 导渗沟滤水还坡示意图

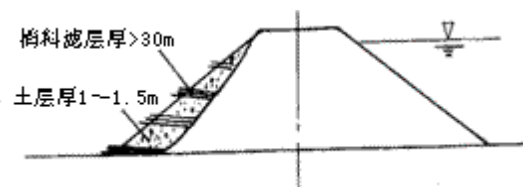


图 3-37 梢料滤水还坡示意图

III. 梢料滤水还坡。当缺乏沙石等反滤料时可用此法。本法的具体做法是：清除滑坡的滑动体，按一层柴一层土夯实填筑，直到恢复滑坡前的断面。柴可用芦柴、柳枝或其他秸杆，每层柴厚 0.2m，每层土厚 1~1.5m。梢料滤水还坡断面如图 3-37 所示。

用梢料滤水还坡抢护的滑坡，汛后应清除，重新用原筑堤土料还坡。以防梢料腐烂后影响堤坡的稳定。

IV. 沙土还坡。因为沙土透水性良好，用沙土还坡，坡面不需做滤水处理。将滑坡的滑动体清除后，最好将坡面做成台阶形状，再分层填筑夯实，恢复到原断面。如果用细沙还坡，边坡应适当放缓。

填土还坡时，一定严格控制填土的速率，当坡面土壤过于潮湿时，应停止填筑。最好在坡面反滤排水正常以后，在严格控制填土速率的条件下填土还坡。

9. 崩岸险情的抢护方法

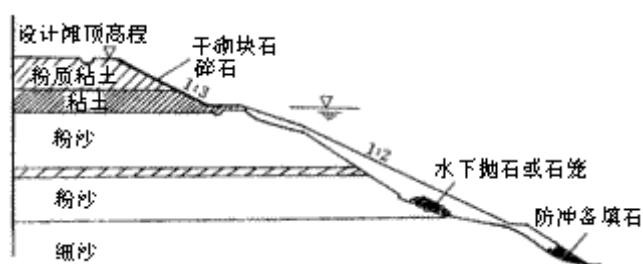
崩岸险情的抢护措施，应根据河势，特别是近岸水流的状况，崩岸后的水下地形情况以及施工条件等因素，酌情选用。首先要稳定坡脚，固基防冲。待崩岸险情稳定后，再酌情处理岸坡。处理崩岸险情的主要措施有：护脚固基抗冲、缓流挑流防冲、减载加帮等。

(1) 护脚固基抗冲

一旦发生崩岸险情，首先应考虑抛投料物，如石块、石笼、土袋和柳石枕等，以稳定基础、防止崩岸险情的进一步发展。

① 抛石块

抛投石块应从险情最严重的部位开始，依次向两边展开。首先将石块抛入冲坑最深处，逐步从下层向上层，以形成稳定的阻



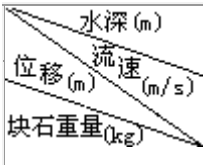
滑体。在抛石过程中，要随时测量水下地形，掌握抛石位置，以达到稳定坡度(一般为 1:1~1:1.5)为止(见图 3-38)。

图 3-38 抛石块、石笼等示意图

抛投石块应尽量选用大的石块，以免流失。在条件许可的情况下，应通过计算确定抗冲抛石粒径。在流速大、紊动剧烈的坝头等处，石块重量一般应达 30~75kg；在流速较小，流态平稳的顺坡坡脚处，石块重量一般也不应小于 15kg。

抛石的落点受流速、水深、石重等因素的影响，在抛投前应先作简单现场试验，测定抛投点与落点的距离，然后确定抛投船的船位。可根据荆江堤防工程多年的实测资料，按表 3-1 的抛石位移查对表，进行初步定位。

表 3-1 抛石位移查对象

	10				15				20			
	0.5	0.8	1.1	1.4	0.5	0.8	1.1	1.4	0.5	0.8	1.1	1.4
30	3.6	5.7	7.9	10.0	5.4	8.6	11.8	15.1	7.2	11.4	15.7	20.1
50	3.2	5.2	7.2	9.2	4.9	8.0	10.8	13.8	6.6	10.5	14.4	18.5
70	3.1	5.0	6.9	8.7	4.7	7.5	10.3	13.1	6.3	10.0	13.8	17.4
90	3.0	4.8	6.0	8.4	4.5	7.2	9.9	12.5	6.0	9.6	13.1	16.7
110	2.9	4.6	6.4	8.1	4.4	7.0	9.6	12.2	5.8	9.3	12.7	16.2
130	2.8	4.5	6.2	7.9	4.2	6.8	9.3	11.8	5.6	9.0	12.4	15.8
150	2.7	4.4	6.0	7.7	4.1	6.6	9.0	11.5	5.5	8.8	12.1	15.4

在水深流急情况下抛石，应选择突击抢抛的施工方法。集中力量，一次性抛入大量石块，避免零抛散堆，造成不必要的石块流失。从堤岸上抛投时，为避免砸坏堤岸，应采用滑板，保持石块平稳下落。当堤岸抛石的落点不能达到冲坑最深处时，这一施工方法不宜单独运用。应配合船上抛投，形成阻滑体，否则，起不到抛石的作用。

② 抛石笼

当现场石块体积较小，抛投后可能被水冲走时，可采用抛投石笼的方法。

抛笼应从险情严重部位开始，并连续抛投至一定高度。可以抛投笼堆，亦可普遍抛笼。在抛投过程中，需不断检测抛投面坡度，一般应使该坡度达到 1:1。

应预先编织、扎结铅丝网、钢筋网或竹网，在现场充填石料。石笼体积一般应达 $1.0\sim 2.5\text{m}^3$ ，具体大小应视现场抛投手段而定。

抛投石笼一般在距水面较近的坝顶或堤坡平台上，或船只上实施。船上抛笼，可将船只锚定在抛笼地点直接下投，以便较准确地抛至预计地点。在流速较大的情况下，可同时从堤顶和船只上抛笼，以增加抛投速度。

抛笼完成以后，应全面进行一次水下探摸，将笼与笼接头不严之处，用大块石抛填补齐。

③ 抛土袋

在缺乏石料的地方，可利用草袋、麻袋和土工编织袋充填土料进行抛投护脚。在抢险情况下，采用这一方法是可行的。其中土工编织袋又优于草袋、麻袋，相对较为坚韧耐用。

每个土袋重量宜在 50kg 以上，袋子装土的充填度为 70%~80%，以充填沙土、沙壤土为好，装填完毕后用铅丝或尼龙绳绑扎封口。

可从船只上，或从堤岸上用滑板导滑抛投，层层迭压。如流速过高，可将 2~3 个土袋捆扎连成一体抛投。在施工过程中，需先抛一部分土袋将水面以下深槽底部填平。抛袋要在整个深槽范围内进行，层层交错排列，顺坡上抛，坡度 1:1，直至达到要求的高度。在土袋护体坡面上，还需抛投石块和石笼，以作保护。在施工中，要严防尖硬物扎破、撕裂袋子。

④ 抛柳石枕

对淘刷较严重、基础冲塌较多的情况，仅抛石块抢护，因间隙透水，效果不佳。常可采用抛柳石枕抢护，见图 3-39。

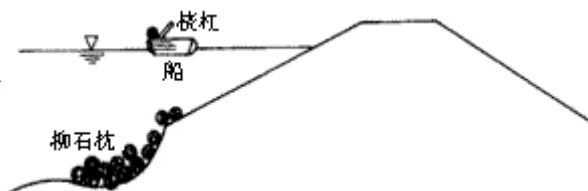


图 3-39 抛柳石枕示意图

柳石枕的长度视工地条件和需要而定，一般长 10m 左右，最短不小于

3m，直径 0.8~1.0m。柳、石体积比约为 2:1，也可根据流速大小适当调整比例。

推枕前要先探摸冲淘部位的情况，要从抢护部位稍上游椎枕，以便柳石枕入水后有藏头的地方。若分段推枕，最好同时进行，以便衔接。要避免枕与枕交叉、搁浅、悬空和坡度不顺等现象发生。如河底淘刷严重，应在枕前再加抛第二层枕。要待枕下沉稳定后，继续加抛，直至抛出水面 1.0m 以上。在柳石枕护体面上，还应加抛石块、石笼等，以作保护。

捆枕和推枕的方法，各地有很多经验，这里不再赘述。

选用上述几种抛投料物措施的根本目的，在于固基、阻滑和抗冲。因此，特别要注意将料物投放在关键部位，即冲坑最深处。要避免将料物抛投在下滑坡体上，以加重险情。

在条件许可的情况下，在抛投料物前应先做垫层，可考虑选用满足反滤和透水性准则的土工织物材料。无滤层的抛石下部常易被淘刷，从而导致抛石的下沉崩塌。当然，在抢险的紧急关头，往往难以先做好垫层。一旦险情稳定，就应立即补做此项工作。

(2) 缓流挑流防冲

为了减缓崩岸险情的发展，必须采取措施防止急流顶冲的破坏作用。

① 抢修短丁坝

丁坝、垛、矶等可以导引水流离岸，防止近岸冲刷。这是一种间断性有重点的护岸形式，在崩岸除险加固中常有运用。

在突发崩岸险情的抢护中，采用这一方法困难较大，见效较慢。但在急流顶冲明显、冲刷面不断扩大的情况下，也可应急地采用石块、石枕、铅丝石笼、沙石袋等抛堆成短坝，调整水流方向，以减缓急流对坡脚的冲刷。

在抢险中，难以对短丁坝的方向、形式等进行仔细规划，但要求坝长不影响对岸。修建丁坝势必增强坝头附近局部河床的冲刷危险，因此要求坝体自身(特别是坝头)具有一定的抗冲稳定性。

应尽量采用机械化施工，以赢得时间。争取主动。

② 沉柳缓流防冲

这一方法对减缓近岸流速,抗御水流冲刷比较有效。在含沙量较大的河流中,采用这一方法效果更为显著。

首先应摸清淘刷堤脚的下沿位置等,以确定沉柳的底部位置和应沉的数量。

用船运载枝叶茂密的柳树头,用铅丝或麻绳将大块石等重物捆扎在柳树头的树杈上。然后,从下游向上游,由低到高,依次抛沉,要使树头依次排列,紧密相联。如一排不能完全掩护淘刷范围,可增加堆沉排数,层层相迭,以防沉柳之间空隙掏冲。

此外,还有挂柳缓流防冲等措施,具有防冲、落淤和防风浪作用,详见第七章。

上述缓流挑流防冲的几种措施,一般只能作为崩岸险情抢护的辅助手段,它们可以减缓险情的发展,但不能从根本上解决问题。

(3) 减载加帮等其他措施

在采用上述方法控制崩岸险情的同时,还可考虑临水削坡、背水帮坡的措施(见图 3-40)。

为了抑制崩岸险情的继续扩大,维持尚未坍塌堤脚的稳定,应移走堤顶堆放的料物或拆除洪水位以上的堤岸。特别是坡度较陡的砌石堤岸,尽可能拆除,并将土坡削成 1:1 的坡度,以减轻荷载。因坍塌或削坡使堤身断面过小时,应在堤的背水坡抢筑后戗或培厚堤身。

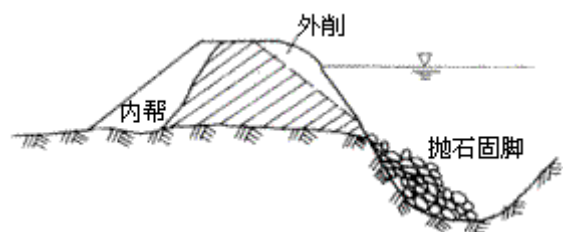


图 3-40 抛石固脚外削内帮示意图

当崩岸险情发展迅速,一时难以控制时,还应考虑在崩岸堤段后一定距离抢修第二道堤防,俗称月堤。这一方法就是对崩岸险工除险加固中常采用的退堤还滩措施。退堤还滩就是主动将堤防退后重建,以让出滩地,形成对新堤防的保护前沿。在抢险的紧急关头,为防止堤防的溃决,有时也不得不采用这一应急措施,以策安全。

10. 裂缝险情的抢护方法

裂缝险情的抢护方法，一般有开挖回填、横墙隔断、封堵缝口等。

(1) 开挖回填

这种方法适用于经过观察和检查已经稳定，缝宽大于 1cm，深度超过 1m 的非滑坡(或坍塌崩岸)性纵向裂缝，施工方法如下。

① 开挖

沿裂缝开挖一条沟槽，挖到裂缝以下 0.3~0.5m 深，底宽至少 0.5m，边坡的坡度应满足稳定及新旧填土能紧密结合的要求，两侧边坡可开挖成阶梯状，每级台阶高宽控制在 20cm 左右，以利稳定和新旧填土的结合。沟槽两端应超过裂缝 1m，如图 3-41 所示。

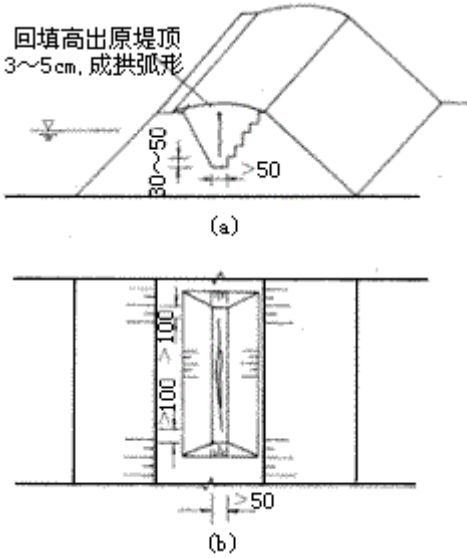


图 3-41 开挖回填处理裂缝示意图
(尺寸单位:cm) (a) 剖面图; (b) 平面图

② 回填

回填土料应和原堤土类相同，含水量相近，并控制含水量在适宜范围内。土料过干时应适当洒水。回填要分层填土夯实，每层厚度约 20cm，顶部高出堤面 3~5cm，并做成拱弧形，以防雨水入浸。

需要强调的是，已经趋于稳定并不伴随有坍塌崩岸、滑坡等险情的裂缝，才能用上述方法进行处理。当发现伴随有坍塌崩岸、滑坡险情的裂缝，应先抢护坍塌、滑坡险情，待脱险并裂缝趋于稳定后，再按上述方法处理裂缝本身。

(2) 横墙隔断

此法适用于横向裂缝，施工方法如下。

①沿裂缝方向，每隔 3~5m 开挖一条与裂缝垂直的沟槽，并重新回填夯实，形成梯形横墙，截断裂缝。墙体底边长度可按 2.5~3.0m 掌握，墙体厚度以便利施工为度，但不应小于 50cm。开挖和回填的其他要求与上述开挖回填法相同，如图 3-42 所示。

②如裂缝临水端已与河水相通,或有连通的可能时,开挖沟槽前,应先在堤防临水侧裂缝前筑前戕截流。若沿裂缝在堤防背水坡已有水渗出时,还应同时在背水坡修做反滤导渗,以免将堤身土颗粒带出。

③当裂缝漏水严重,险情紧急,或者在河水猛涨,来不及全面开挖裂缝时,可先沿裂缝每隔3~5m挖竖井,并回填粘土截堵,待险情缓和后,再伺机采取其他处理措施。

④采用横墙隔断是否需要修筑前戕、反滤导渗,或者只修筑前戕和反滤导渗而不做隔断横墙,应当根据险情具体情况进行具体分析。

(3) 封堵缝口

① 灌堵缝口

裂缝宽度小于1cm,深度小于1m,不甚严重的纵向裂缝及不规则纵横交错的龟纹裂缝,经观察已经稳定时,可用灌堵缝口的方法。具体作法如下。

I. 用于而细的沙壤土由缝口灌入,再用木条或竹片捣塞密实。

II. 沿裂缝作宽5~10cm,高3~5cm的小土埂,压住缝口,以防雨水浸入。

未堵或已堵的裂缝,均应注意观察、分析,研究其发展趋势,以便及时采取必要的措施。如灌堵以后,又有裂缝出现,说明裂缝仍在发展中,应仔细判明原因,另选适宜方法进行处理。

② 裂缝灌浆

缝宽较大、深度较小的裂缝,可以用自流灌浆法处理。即在缝顶开宽、深各0.2m的沟槽,先用清水灌下,再灌水土重量比为1:0.15的稀泥浆,然后再灌水土重量比为1:0.25的稠泥浆,泥浆土料可采用壤土或沙壤土,灌满后封堵沟槽。

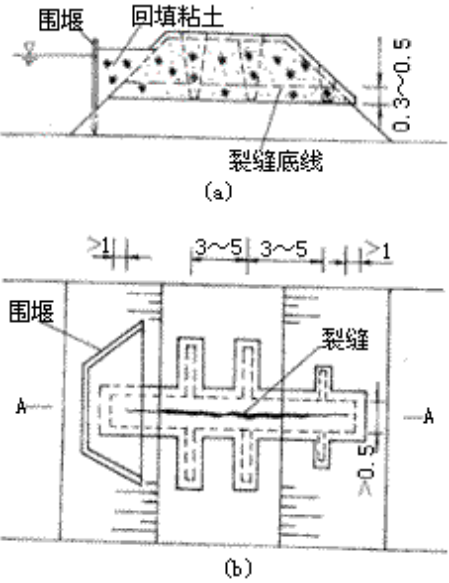


图 3-42 横墙隔断处理裂缝示意图

(尺寸单位:m)

(a) A-A 剖面图; (b) 平面图

如裂缝较深,采用开挖回填困难时,可采用压力灌浆处理。先逐段封堵缝口,然后将灌浆管直接插入缝内灌浆,或封堵全部缝口,由缝侧打眼灌浆,反复灌实。灌浆压力一般控制在 50~120kPa (0.5~1.2kg/cm²),具体取值由灌浆试验确定。

压力灌浆的方法适用于已稳定的纵横裂缝,效果也较好。但是对于滑动性裂缝,将促使裂缝发展,甚至引发更为严重的险情。因此,要认真分析,采用时须慎重。

11. 跌窝的抢护方法

抢护跌窝险情首先应当查明原因,针对不同情况,选用不同方法,备妥料物,迅速抢护。在抢护过程中,必须密切注意上游水情涨落变化,以免发生意外。抢护的方法一般有以下几种。

(1) 翻填夯实

未伴随渗透破坏的跌窝险情,只要具备抢护条件,均可采用这种方法。具体作法是:先将跌窝内的松土翻出,然后分层回填夯实,恢复堤防原貌。如跌窝出现在水下且水不太深时,可修土袋围堰或桩柳围堤,将水抽干后,再予翻筑,见图 3-42。



图 3-42 翻填夯实跌窝示意图

翻筑所用土料应遵循“前截后排”的原则,如跌窝位于堤顶或临水坡时,须用防渗性能不小于原堤土的土料,以利防渗;如位于背水坡则须用排水性能不小于原堤土的土料,以利排渗。

翻挖时,必须清除松软的边界层面,并根据土质情况留足坡度或用桩板支撑,以免坍塌扩大。需筑围堰时应适当围得大些,以利抢护方便与漏水时加固。回填时,须使相邻土层良好衔接,以确保抢护的质量。

(2) 填塞封堵

这是一种临时抢护措施,适用于临水坡水下较深部位的跌窝。具体方法是:用土工编织袋、草袋或麻袋装粘性土或其他不运水材料,直接在水下填塞跌窝,全部填满跌窝后再抛投粘性散土加以封堵和帮宽。要求封堵严密,避免从跌窝处形成渗水通道,见图 3-43。

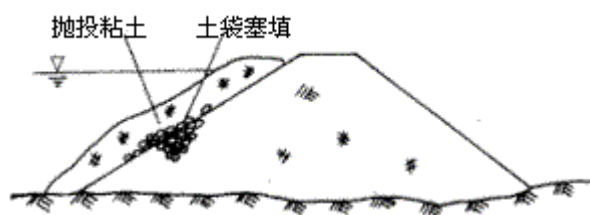


图 3-43 填塞封堵跃窝示意图

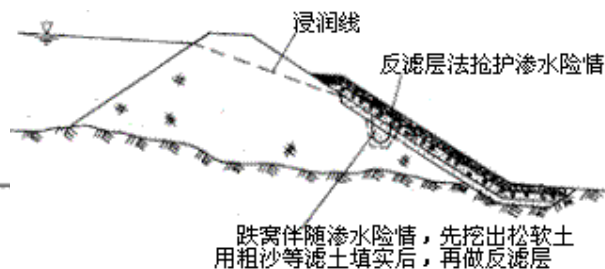


图 3-44 填筑滤料示意图

汛后水位回落后，还需按照上述翻填夯实法重新进行翻筑处理。

(3) 填筑反滤料

对于伴随有渗水、管涌险情，不宜直接翻筑的背水坡跌窝，可采用此法抢护。具体作法是：先将跌窝内松土和湿软土壤挖出，然后用粗沙填实，如渗涌水势较大，可加填石子或块石、砖块、梢料等透水料消杀水势后，再予填实。待跌窝填满后，再按反滤层的铺设方法抢护，见图 3-44。

修筑反滤层时，必须正确选择反滤料，使之真正起到反滤作用。

4. 伴有滑坡、漏洞险情的抢护

(1) 跌窝伴有漏洞的险情，必须按漏洞险情处理方法进行抢护，详见漏洞险情处理方法。

(2) 跌窝伴有滑坡的险情，必须按滑坡险情处理方法进行抢护，详见滑坡险情处理方法。

12. 决口抢险的实施

堤防溃口险情的发生，具有明显的突发性。各地在抢险的组织准备、材料准备等方面都不可能很充分。因此，要针对这种紧急情况，采用适宜的堵口抢险应急措施。

为了实现溃口的封堵，通常可采取以下步骤。

(1) 抢筑裹头

土堤一旦溃决，水流冲刷扩大溃口口门，以致口门发展速度很快，其宽度通常要达 200~300m 才能达到稳定状态，如湖北的簪州湾、江西九江的江心洲溃口。

如能及时抢筑裹头，就能防止险情的进一步发展，减少此后封堵的难度。同时，抢筑坚固的裹头，也是堤防决口封堵的必要准备工作。因此，及时抢筑裹头，是堤防决口封堵的关键之一。

要根据不同决口处的水位差、流速及决口处的地形、地质条件，确定有效抢筑裹头的措施。这里重要的是选择抛投料物的尺寸，以满足抗冲稳定性的要求；选择裹头形式，以满足施工要求。

通常，在水浅流缓、土质较好的地带，可在堤头周围打桩，桩后填柳或柴料厢护或抛石裹护。在水深流急、土质较差的地带，则要考虑采用抗冲流速较大的石笼等进行裹护。除了传统的打桩施工方法，可采用螺旋锚方法施工。螺旋锚杆其首部带有特殊的锚针，可以迅速下铺入土，并具有较大的垂直承载力和侧向抗冲力。首先在堤防迎水面安装两排一定根数的螺旋锚，抛下沙石袋后，挡住急流对堤防的正面冲刷，减缓堤头的崩塌速度；然后，由堤头处包裹向背水面安装两排螺旋锚，抛下沙石袋，挡住急流对堤头的激流冲刷和回流对堤背的淘刷。亦有采用土工合成材料或橡胶布裹护的施工方案，将土工合成材料或橡胶布铺展开，并在其四周系重物使它下沉定位，同时采用抛石等方法予以压牢。待裹头初步稳定后，再实施打桩等方法进一步予以加固。

(2) 沉船截流

根据九江城防堤决口抢险的经验，沉船截流在封堵决口的施工中起到了关键的作用。沉船截流可以大大减小通过决口处的过流流量，从而为全面封堵决口创造条件。

在实现沉船截流时，最重要的是保证船只能准确定位。在横向水流的作用下，船只的定位较为困难，要精心确定最佳封堵位置，防止沉船不到位的情况发生。

采用沉船截流的措施，还应考虑到由于沉船处底部的不平整，使船底部难与河滩底部紧密结合的情况，见图 3-45。这时在决口处高水位差的作用下，沉船底部流速仍很大，淘刷严重，必须迅即抛投大量料物，堵塞空隙。在条件允许的情况下，可考虑在沉船的迎水侧打钢板桩等阻水。有人建议采用在港口工程中已广泛采用的底部开舱船只抛投料物，见图 3-46。这种船只抛石集中，操作方便。在决口抢险时，利用这种特殊的抛石船只，在堵口的关键部位开舱抛石并将船舶下沉，这样可有效地实现封堵，并减少决口河床冲刷。

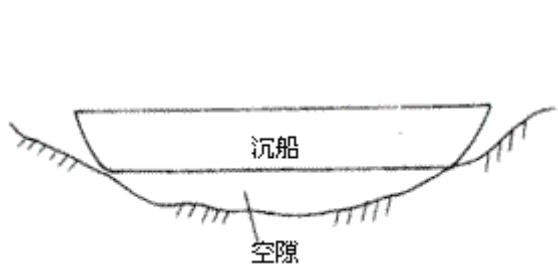


图 3-45 沉船底部空隙示意图

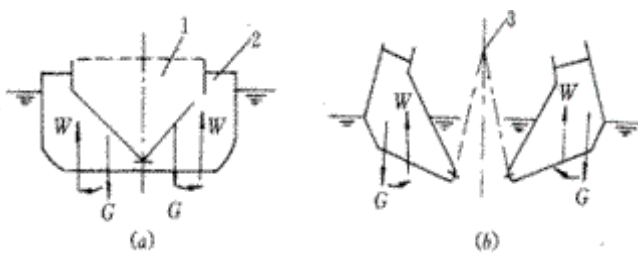


图 3-46 底部开舱船舶示意图

(a) 装料时; (b) 卸料时

1-料舱; 2-空舱; 3-统舱; G-重心; W-浮心

(4) 进占堵口

在实现沉船截流减少过流流量的步骤后，应迅速组织进占堵口，以确保顺利封堵决口。常用的进占堵口方法有：立堵、平堵和混合堵三种。

① 立堵法

从口门的两端或一端，按拟定的堵口堤线向水中进占，逐渐缩窄口门，最后实现合龙。采用立堵法，最困难的是实现合龙。这时，龙口处水头差大，流速高，使抛投物料难以到位。在这样的情况下，要做好施工组织，采用巨型块石笼抛人龙口，以实现合龙。在条件许可的情况下，可从口门的两端架设缆索，以加快抛投速率和降低抛投石笼的难度。

② 平堵法

沿口门的宽度，自河底向上抛投料物，如柳石枕、石块、石枕、土袋等，逐层填高，直至高出水面，以堵截水流。这种方法从底部逐渐平铺加高，随着堰顶加高，口门单宽流量及流速相应减小，冲刷力随之减弱，利于施工，可实现机械化操作。这种平堵方式特别适用于前述拱型堤线的进占堵口。平堵有架桥和抛投船两种抛投方式。

③ 混合堵

混合堵是立堵与平堵相结合的堵口方式。堵口时，根据口门的具体情况和立堵、平堵的不同特点，因地制宜，灵活采用。如在开始堵口时，一般流量较小，可用立堵快速进占。在缩小口门后流速较大时，再采用平堵的方式，减小施工难度。

在 1998 年抗洪斗争中，借助人民解放军工兵和桥梁专业的经验，采用了“钢木框架结构、复合式防护技术”进行堵口合龙。这种方法是用 40mm 左右的钢管间隔 2.5m 沿堤线固定成数个框架。钢管下端插入堤基 2m 以上，上端高出水面 1~

1.5m 做护栏，将钢管以统一规格的连接器件组成框网结构，形成整体。在其顶部铺设跳板形成桥面，以便快速在框架内外由下而上、由里向外填塞料物袋，以形成石、木、钢、土多种材料构成的复合防护层。要根据结构稳定的要求，做好成片连接、框网推进的钢木结构。同时要做好施工组织，明确分工，衔接紧凑，以保证快速推进。

(4) 防渗闭气

防渗闭气是整个堵口抢险的最后一道工序。因为实现封堵进占后，堤身仍然会向外漏水，要采取阻水断流的措施。若不及时防渗闭气，复堤结构仍有被淘冲刷的可能。

通常，可用抛投粘土的方法，实现防渗闭气。亦可采用养水盆法，修筑月堤蓄水以解决漏水。土工膜等新型材料，也可用以防止封堵口的渗漏。

(四) 堤防溃决影响范围快速评估

地震引起的地面不均匀沉降，将给河道堤防工程带来很多安全隐患和损坏，极易引起堤防溃决；地震经常引起山体滑坡，造成大量的泥土、石块堆积在河道，使河道过流断面和能力减小，引发堤防内洪水漫溢。在做好抗震救灾时应密切监测水利工程安全和河道淤积阻塞情况，开展堤防溃决或漫溢后影响范围和程度的快速评估工作，这对于预防震后次生水灾害的发生，指导应急预案的编制、预警报的形成和群众转移安置，减少堤防溃决造成的人员伤亡和经济损失等具有重要的意义。

开展决堤影响范围的快速评估一般包括以下步骤：

1. 收集整理堤防保护区的地形、土地利用和 DEM 数据等资料；
2. 采集流域内的降雨、水文、基本断面和防洪工程等资料；
3. 快速建立堤防溃决分析模型；
4. 运用模型快速评估堤防溃决后可能影响的范围和淹没区内的最大淹没水深。

(五) 预警和警报的发布

预警是对可能出现或即将发生的暴雨、洪水及堤防溃决或漫溢后可能造成的危害发布警示信息。预警发布的基础是要掌握各种灾害的实时信息，信息自动监

测技术的广泛应用为信息的实时监测、传输、收集、整理提供了有效手段。利用堤防溃决或漫溢分析模型,快速评估堤防溃决后可能影响的范围和淹没区内的最大淹没水深,是提高预警时间提前量的有效的方法。

一般情况下,警报的发布应按照防汛应急预案的规定,根据事件可能造成危害的程度,由不同级别的行政主管部门分别发布相应等级的警报。

四、安全饮水应对措施

（一）地震次生水环境问题

1. 地震可能引起的水污染源

地震灾害中和灾后可能产生的污染源主要有以下几类：

（1）地震造成部分城镇污水管道破裂，污水泄漏形成污染源；城镇污水处理厂在地震中遭到破坏，城镇污水不能进行正常的处理就排放或外溢形成污水污染源。

（2）地震造成城市集中垃圾填埋场或垃圾处理设施的破坏，使垃圾成为地下水的污染源或垃圾散落等固废污染源。

（3）地震造成城市公共卫生设施的破坏和医院的破坏，使其污物和污水泄漏形成细菌污染源。

（4）地震造成大量房屋倒塌，人员死亡，由于不能及时清理尸体，而形成生物污染源。

（5）地震破坏一些工厂和危险品仓库，可能造成有毒有害和危险品泄漏形成污染源。如此次四川省汶川地震，造成什邡市有化工厂倒塌，80吨液氨泄漏，这就属于典型的危险品污染源。如果民用及军用核设施、核原料库、放射性废物库在地震中受到破坏，可能造成放射性污染源。

（6）由于地震带来了滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害，使有些地区的地表水排泄不畅和积水，加上气候炎热，造成水体水质下降。

2. 地震造成次生水环境污染分析

由于地震的破坏，产生以上分析的各种水污染源，在集中降雨情况下，会形成水环境污染，主要的污染途径分析如下：

（1）地震可能引发一些危险品的泄漏，危险品和有毒有害物质随着降雨汇流进入附近水体，造成环境水污染，由于水体的流动性，可能会扩大污染影响，引发水污染事件。

（2）地震造成污水管道破裂和污水外溢直接进入河流，造成水污染事件。

（3）地震造成滑坡、泥石流、崩塌等地质灾害，对水质破坏。如地表水不能顺畅地排泄，造成积水，随着夏季气温的升高，使局部水体恶化。

(4) 地震造成城镇生活垃圾、房屋倒塌后的建筑废碴以及一些腐败物质等，随着降雨雨水进入水域造成水环境污染。

(二) 地震次生水污染的应对措施

1. 为防范各类突发环境污染事故，最大限度地减轻次生环境污染危害，要派出工作组赶赴灾区现场，协调指导灾区环境安全保障工作。

2. 灾后场地清理要合理设置弃碴场地。弃碴场地不能临近河流、湖泊水体和水源地。对危险品和有毒有害物质污染范围要设置隔离带，清理措施要力求严格、有效。

3. 对于重点污染工业企业，生产恢复应与其环保设施的生产能力相配套，原则上恢复生产企业排放的污染物的量不应超过其环保设施的处理能力。对于沿江沿河的企业，相关行政主管部门应根据企业每天污染物排放总量不超过污水处理设施恢复阶段正常处理能力水平来安排企业恢复生产，以避免大灾后出现严重的水环境污染事件。而对于重点污染企业，应首先恢复自身的环保设施运行，待环保设施运行正常后，方可全面恢复生产。由于灾害停电对生产企业的环保设施运行造成了较大影响，可能存在恢复生产过程中无法达标排放或事故排放等问题，应加强对排放口和取水口附近的地表水水质监测。

4. 城镇污水处理厂的设备在重启用前，要认真排查污水处理设施管道和设备的损坏，并及时修理和更换设备，待全部管道、设备检修完毕后，污水处理厂方可重新投入运行。

5. 灾后滑坡体清理时要注意提高边坡稳定性等，加强保护周围水体的效果。

6. 要采用及时有效的监测手段，掌握灾情对水环境污染的程度，尽快使受污染的水体得到治理和恢复，避免引发更大的水环境污染灾害。

7. 加强泉点和井口防护，防止污染物直接流入泉点和井点；消除潜在地下水污染源，截断污染途径，防止地下水污染。

(三) 寻找水质合格的水源

地震可能导致供水系统的破坏或水源污染，造成水质合格的饮用水供给中断。不加选择的取用饮用水十分危险。地震地区应查看供水设施受损情况以及饮用水水质变化。一旦发现异常，应立即停止饮用，直到其通过饮水安全检测。

1. 野外取水注意事项

注意辨别水体污染状况，正确选择水源。

(1) 应及时关注当地新闻媒体关于饮用水状况的相关报道，尽量与当地水务和水质管理机构联系取得水源水质的相关信息。有关部门应及时更新关于本地区的供水情况。当水体的有毒污染物出现超标时，绝对不得取用。

(2) 对于村边坑塘、房前屋后的水池、水井要仔细观察，了解周边是否存在有农药等化学药品污染、是否有无异味、颜色是否异常，是否存在药品的残留或包装物等。当存在这些现象时，不得贸然取用。

(3) 由于地震造成地壳移动，地下水以及饮用水水井也可能受到影响。井水会浑浊或变色，产生异味。水源也会由于尘土、矿石、其他土壤以及细菌污染。不要饮用深色、有怪味或漂浮物的水。

2. 应急水源的选择

(1) 尽量收集雨水。尽量加大雨水存储坑的容量，在坑内铺上塑料布防渗，建造人工蓄水池，雨水经沉淀、过滤、烧开后饮用，较为安全；。

(2) 尽量收集高层建筑屋顶水箱的残存水。水箱的残存水经沉淀、过滤、烧开后饮用，较为安全；

(3) 尽量收集破损自来水管渗出水。破损自来水管渗出水经沉淀、过滤、烧开后饮用，较为安全；

(4) 尽量选用选用地势相对较高的泉点或井点作为饮用水水源，经沉淀、过滤、烧开后饮用，较为安全；

(四) 饮用水水源水质状况快速简易鉴别方法

为了避免“大灾之后有大疫”，水污染防治和饮水安全问题是应急防范工作重点，应突出抓好分散式饮用水源和灾民集中居住区饮用水源地水质的监测工作。科学制定水质监测预警方案，合理调配环境监测力量，加密监测频次，密切关注水质变化，严密监控水污染源，及时消除污染隐患，采取联防联控措施，把水污染威胁消除在萌芽状态，切实保障灾区群众用水安全。

1. 水质状况快速监测技术方案

参照先进国家经验，应采用三级应急监测机制，对地震灾区水体污染物的种类、浓度和毒性进行快速鉴定

第一级：定性有无毒性。时间要求快，几分钟、15~30 分钟、最长 1 小时。采用广谱的水质检测方法定性分析，初步分类并确定毒性的强度；

第二级：毒性分类。一天内完成。并通过基因扩增 PCR、酶联免疫 ELISA、发光菌检测等方法，确认毒性物质的种类是生物毒性、有机物污染中的有机磷、聚酯类、有机氯、重金属等；

第三级：准确定性，精确定量。

第一级监测应由灾民或村民（社区）中临时培训的技术人员通过快速测试手段实时获得监测结果，以实现灾区各种水体开展大范围的现场采样和测试，初步判断污染物的类别、浓度、污染程度以及水源是否可以饮用或使用，并及时向上级部门报告监测结果，为应急指挥部门实施第二级和第三级监测，尽快掌握可做临时供水水源的有关情况，及时发布水质污染报告，限制灾区人畜对污染水体的接触，采取及时有效的处理措施和决策提供依据。

2. 水质状况快速监测技术方法

地震后，建筑物与环境普遍遭受破坏，厕所倒塌，粪便垃圾污物大量堆积，下水道堵塞，尸体腐化等，都能污染水源，导致饮水水质卫生条件恶化。目前，水质快速测试盒采用目视比色法或数滴法进行测量，可实现水中重金属、营养盐、耗氧有机物、微生物、pH 值等指标的快速检测，操做快速方便，分析费用低，适用于灾后水质的快速定性及半定量分析。

（1）水质快速检测试剂

封装试剂是最简单的水质检测工具，目前使用该方法可测量项目包括：银、铝、砷、金、6 价铬、总铬、铜、铁、镍、锰、硼、镁、钙、COD、氯化物、残留氯、二氧化氯、游离氯、游离氟、过氧化氢、肼、氨、亚硝酸、硝酸、磷酸、硫化物、二氧化硅、亚硫酸、硬度、氮、锌、PH 等。

该方法将试剂封装在聚乙烯管中，用简单的操作即可测定选测项目的浓度，具体操作步骤如下图所示：

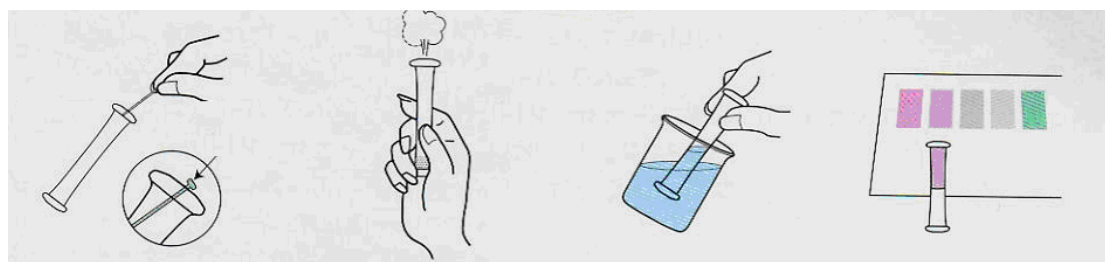


图 8.1 操作步骤

①拔出管子头部的线。

②使孔朝上，用手牢牢捏住管子下半部，排出上部空气。

③保持图 2 的捏住管子的状态，将洞插入专用杯，松开手指，吸入被测水（检测的水是管的一半）

④轻轻震摇 5~6 次，在指定的时间吸入的被测水的变色与标准色卡进行比较，查找相同或相似颜色，该处所示的数值即为所测水质的浓度值。

（2）微生物快速检测试纸

在卫生管理方面要用法定的方法进行必要地细菌检查，必须要有高质量的设备和器具及技术；而使用菌类快速检测试纸只要将试纸放于被测水中，即使没有专门知识和检查设备也能简单使用，故可实用于食品中毒的预防和管理。

可检测的菌类包括：大肠菌、葡萄球菌、一般细菌、肠炎弧菌等。

使用方法如下所示：

①打开封口从袋中抽出试纸；

②只要拿着折叠线上部将其浸入检测水中；

③放回原来地聚乙烯树脂袋，从折叠线处折断；

④排出其中地空气后关上封口；

⑤放入 35~37℃ 的规定容器中进行 24 小时培养。

（3）便携型在线快速毒性分析仪监测水源地综合毒性

在灾区灾民较集中的临时安置区，尽快设立综合毒性监测点，对饮用水源在线监测。该手段能及时、快速显示几乎所有毒性较大的污染物，对于灾区由于混乱，无法及时判断和清除污染源的状况，综合毒性监测为保证饮水安全由为重要。

（4）便携型细菌分析仪监测水源地大肠菌群

灾民安置点由于人群集中，粪便等排泄物难以及时处理，对饮用水源威胁很大，必须适时监测大肠菌群指标，而便携型细菌分析仪体积小，可携带，能同时快速分析多个水样的大肠菌群含量，及时报告水源地是否被大肠菌群污染。

（5）便携型 BOD 快速分析仪监测水源地 BOD

BOD 通常需要 7 天才能得到分析结果，BOD 快速分析仪能在 10 分钟左右得到结果，能快速检测出水体是否受到生物、尸体等腐烂物的污染。而且该仪器携带方便，能在现场监测。

（五）污染水体快速处理方法

一旦水源地遭到污染，又没有其他合适的替代水源地，可采用临时手段快速

处理被污染水，以满足饮用和生存的需要。

1. 高效、快速沉淀法

在取来的水中加入数滴聚合铝或聚合铁，即可。一般一桶水只需数滴。

2. 快速吸附法

如果水体污染较重，或污染物不易沉淀，可取沉淀处理后的上清液，加入活性炭，然后用纱布、毛巾等织物过滤。

五、灌溉系统应急修复措施

针对灾区取水系统，管道输水系统、渠道输水系统遭到严重破坏，从应急角度考虑，从小型机组应急供水（灌溉）系统、灌溉输水管道系统应急修复措施、防渗渠道应急修复措施三个方面提出了灾区灌溉应急技术及相应产品。

（一）小型机组供水（灌溉）系统

1. 手提式机组

手提式机组可由一个人搬移，动力使用 1.5 马力的风冷内燃机，水泵采用配手压泵的微型高速离心泵或微型喷灌离心泵，水泵与动力机直联，管道采用锦（维）塑软管或低密度聚乙烯管（LDPE）。

手提式机组结构简单，重量轻、安装操作容易，工作压力低，耗能少，能充分利用小水源。适合灾后一家一户的应急供水（灌溉）。

2. 手抬式机组

手抬式机组可由两人搬移，动力为 3~6 马力的风冷柴油机，水泵采用自吸离心泵，水泵与柴油机用联轴器直联，管道采用锦（维）塑软管或薄壁铝合金管、管径一般为 50mm 或 65mm。

手抬式机组结构紧凑，重量较轻，操作、保养简单易行，无需留机行道，适用于山区丘陵的复杂地形，适合灾后小规模应急供水（灌溉）。

3. 手推式机组

手推式机组是将水泵、动力机及传动机构固定在装有胶轮的车架上动力机采用 7.5kw 的电动机或 10~12 马力的柴油机，水泵采用自吸离心泵或有白吸装置的普通离心泵，水泵与动力机采用直联或三角型皮带传动，管道采用由快速接头连接的铝合金管。

手推式喷灌机结构简单，投资及运行费用低，使用维修机动灵活，特别是当选用柴油机作动力时，因 10~12 马力的柴油机是我国农村保有量最大的动力机，可实现一机多用、节省投资。它的主要缺点是：当在粘重土壤上使用时，若喷湿了机组周围，会造成道路泥泞、移动困难。这种机型特别适用于平原地区的小块地。

4. 拖拉机悬挂式机组

拖拉机悬挂式机组可以看成一种拖拉机配套农具，动力为最为常见的 12 马力小型（手扶）拖拉机，水泵采用自吸离心泵，机组用托架安装在拖拉机上，在拖拉机飞轮上皮带轮，用三角皮带与水泵皮带轮相连。安装时，要注意飞轮和水泵的旋转方向一致，必要时应在拖拉机上适当配重，管道可以配置硬管或软管。

拖拉机悬挂式机组具有可以使拖拉机一机多用、利用率高，结构简单、紧凑、拆装方便，设备投资较低，机动性好等特点。

拖拉机悬挂式机组供水（灌溉）系统性能参数参见表 5-1。

表 5-1 国内常见手推（台）式供水（灌溉）系统的产品性能参数

机组型号	配套动力（马力）	配套水泵	工作压力（kg/cm ² ）
7D	10.2	2.5BPZ-55	4-5
4CP-X	6.1	2BPZ _{CZ} -35	3-3.5
50-55	12	2.5BPZ-55	4-5.5 ²
YM5C-50B-P30	5	50BPZ-45	4
YM6C-50B-P30	6	50BPZ-55	4
YM12C-65B-P30	12	65BPZ-55	4
YM12C-65B-P40	12	65BPZ-55	4.5
YM12C-65B-P50	12	65BPZ-55	5

（二）管道系统应急修复措施

1. 管道系统的巡查

管道系统的巡查是管道维修的基础工作，巡查重点是：

- （1）管路沿线地质变化情况，如果出现覆土塌陷、错动、隆起等情况，应挖开覆土，实际进行勘查。
- （2）附属建筑物的受损情况，如果地上附属建筑物出现错位、断裂、抬起或沉陷，则管道与附属建筑物的连接也容易出现问题，要进一步勘查。

(3) 管道系统入口处遭到破坏情况

2. 通水检漏

通过巡查，如果没有大的地质变换、明显损坏情况，可进行试通水检漏，通水检漏应注意观察：

- (1) 地面上有无水漏出；
- (2) 管道上部土壤是否泥泞或湿润；
- (3) 管道通过的局部地面是否出现沉陷。

3. 管道维修技术与方法

(1) 管道损坏形式

地震灾害下，管道常出现以下损坏形式：

- ① 管基下沉、上抬严重，管道环向断裂或管体局部漏水
- ② 管基下沉、上抬严重，管道连接处脱出或漏水
- ③ 管道受外力被压，破损漏水
- ④ 进出水口损坏，被淤积和堵塞
- ⑤ 附属建筑物被损坏，引起管道与附属建筑物连接处断裂漏水。

(2) 管道维修技术要点

针对以上损坏形式，可采用以下维修技术与方法：

① 地基沉陷或隆起严重情况下，管道环向断裂或管体局部漏水，应先修复好管基、切除损坏管段，用同品种、同规格的新管段换上，可采用热熔扩口连接方法或两端用套筒式活接头与原有管道连接。

② 地基沉陷或隆起严重情况下，管道连接处脱出或漏水，应先清除连接处的杂物、淤泥，然后重新进行连接。其中 PVC 塑料管应更换胶圈、并在承插口涂专用粘结剂，然后对接；PE 塑料管可采用胶圈承插连接，也可热熔连接；铸铁管应将部分青铅丝剔除，在重新打口或填口；钢管可焊接法兰进行连接。

③ 管道受外力被压，破损漏水，如果破损长度较长或破损严重，应更换新管，方法同①；如果破损不严重，可利用管卡快速修补，或用混凝土包裹。

④ 进出水口损坏，被淤积和堵塞，首先应对进、出水设施或建筑物进行清淤，将管口显露出来后再采用淘挖、通捣、冲洗等疏通措施。为了防止造成下游管段发生新的淤积，应在淤堵处下游的适当部位，将管道打开一个缺口，使淤泥能够排除管外。如果管道淤积和堵塞严重，难以疏通，应更换淤积堵塞范围内的

管段，方法同①。

⑤ 附属建筑物被损坏，引起管道与附属建筑物连接处断裂漏水时，应更换附属建筑物，并重新与管道连接。

⑥ 管道沿线破坏严重，可考虑用铝合金管道或涂塑软管，代替原管道，在地面明铺。

⑦ 管道漏水处理。管道系统修复完成后，应进行通水检查，既可清洗全部管道，又可对出现的问题进行有针对性的处理工作，若发现管道漏水，应先查明漏水的位置、长度。如果为点漏，可采用管卡快速修补，或用混凝土包裹等处理方法；如果漏水长度较大，应采用更换管段的方法。

（三）防渗渠道应急修复措施

损毁的防渗渠道工程，可分别按下列方法进行应急处理：

1. 渠基沉陷、滑坍、裂缝、孔洞等的处理

处理措施一般有翻修和灌浆两种，有时也可采用上部翻修下部灌浆的综合措施。

（1）翻修

翻修是将病患处挖开，重新进行回填。这是处理病患比较彻底的方法，但对于埋藏较深的病患，由于开挖回填工作量大，应根据具体条件分析比较后，方可确定。翻修时的开挖回填要求，应注意下列各点。

① 根据查明的病患情况，决定开挖范围。开挖中如发现新情况，必须跟踪开挖，直至全部挖尽为止，但不得掏挖。

② 开挖前向裂缝内灌入白灰水，以利掌握开挖边界。

③ 开挖坑槽的底部宽度至少 0.5m，边坡应满足稳定及新旧填土接合的要求，一般根据土质、夯压工具及开挖深度等具体条件确定。

④ 较深坑槽也可挖成阶梯形，以便出土和安全施工。

⑤ 挖出的土料不要大量堆积在坑边，不同土质应分区存放。

⑥ 开挖后，应保护坑口，避免日晒、雨淋，并清除积水、树根及其它杂质。

⑦ 回填的土料应根据渠基土料和裂缝性质选用，对回填土料应进行物理力学性质试验。对沉陷裂缝应用塑性较大的土料，控制含水量大于最优含水量 1%~2%；对滑坡、干缩裂缝的回填土料，应控制含水量等于或低于最优含水量的 1%~2%。

⑧ 回填土应分层夯实。填土层厚度以 10~15cm 为宜，压实密度应比渠基密度稍大些。

⑨ 新旧土结合处，应刨毛压实，必要时应做接合槽，以保证紧密结合，并要特别注意边角处的夯实质量。

2. 灌浆

对埋藏较深的病患，翻修的工程量过大，可采用粘土浆或粘土水泥灌注处理。处理方式有重力灌浆法和压力灌浆法；重力灌浆仅靠浆液自重灌入缝隙，不加压力。压力灌浆除浆液自重外，再加机械压力，使浆液在较大压力作用下，灌入缝隙。一般可结合钻探打孔进行灌浆，在预定压力下，至不吸浆为止。

3. 翻修与灌浆相结合

适用于中等深度的病患，不易全都采用翻修法处理的部位以及开挖有困难的部分。

对病患的上部采用翻修法，下部采用灌浆法处理。先沿裂缝开挖至一定深度，并进行回填，在回填时预埋灌浆管，然后采用重力或压力灌浆，将下部病患进行灌浆处理。

渠基处理好以后，就可进行原防渗层的施工，并使新旧防渗层结合良好。

2. 土料和水泥土防渗层的修理

土料防渗层出现裂缝、破碎、脱落、孔洞等病害时，应将病患部位凿除，清扫干净，用素土、灰土等材料分别回填夯实，修打平整。

水泥土防渗层的裂缝，可沿缝凿成倒三角形或倒梯形，并清洗干净，用水泥土或砂浆填筑抹平；或者向缝内灌注粘土水泥浆。对破碎、脱落等病害，可将病患部位凿除，然后用水泥土或砂浆填筑抹平。

3. 砌石防渗层的修理

砌石防渗层出现的沉陷、脱缝、掉块等病害时，应将病患部位拆除，冲洗干净，不得有泥沙或其他污物粘裹。再选用质量、大小适合的石料，座浆砌筑。个别不满浆的缝隙，再由缝口填浆，并予捣固，务使砂浆饱满。对较大的三角缝隙，可用手锤楔入小碎石，做到稳、紧、满。缝口可用高一级的水泥砂浆勾缝。

对一般较平整的裂缝，可沿缝凿开，并冲洗干净，然后用高一级的水泥砂浆重新填筑、勾缝。如外观无明显损坏、裂缝细而多、渗漏较大的渠段，可在砌石层下，进行灌浆处理。

4. 膜料防渗渠道的修补

膜料防渗层损坏，可用同种膜料粘补。膜料防渗常见的病害，主要是保护层的损坏，如保护层裂缝或滑坍等，可按相同材料防渗层的修补方法进行修理。

5. 沥青混凝土防渗层的修补

沥青混凝土防渗层常见的病害，主要是裂缝、隆起和局部剥蚀等。对于 1mm 及以下细小的非贯穿性裂缝都能自行闭合，一般不必处理；2~4mm 的贯穿性裂缝，可用喷灯或红外线加热器加热缝面，用铁锤沿缝面锤击，使裂缝闭合粘牢，并用沥青砂浆填实抹平。裂缝较宽时，往往易被泥沙充填，影响缝口闭合，应清除泥沙、洗净缝口、加热缝面、用沥青砂浆填实抹平。对剥蚀破坏部位，经冲洗、风干后，先刷一层热沥青，然后再用沥青砂浆或沥青混凝土填补。如防渗层鼓胀隆起，可将隆起部位凿开，整平土基后，重新用沥青混凝土填筑。

6. 混凝土防渗层的修补

(1) 现浇混凝土防渗层的裂缝修补

当混凝土防渗层裂缝后，仍大致平整，无较大错位时，如缝宽小，可用过氯乙烯胶液涂料粘贴玻璃丝布的方法，进行修补。如缝宽较大，可采用填筑伸缩缝的方法修补。对缝宽较大的渠道，可用下列填塞与粘贴相结合的方法修补。

- ① 清除缝内、缝壁及缝口两边的泥土、杂物，使清洁、干燥。
- ② 缝壁涂刷冷底子油。
- ③ 将煤焦油沥青填料或焦油塑料胶泥填入缝内，填压密实，使表面平整光滑。
- ④ 填好缝 1~2 天后，沿缝口两边各宽 5cm 涂刷过氯乙烯涂料一层，随即沿缝口两边各宽 3~4cm 粘贴玻璃丝布一层，再涂刷涂料一层，贴第二层玻璃丝布，最后涂一层涂料即完成。涂料要涂刷均匀，玻璃丝布要粘平贴紧，不能有气泡。

伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比及制作方法见表 5-2。

2. 预制混凝土防渗层砌筑缝的修补

预制混凝土板的砌筑缝，多是水泥砂浆缝，容易出现开裂、掉块等病害。修补方法是：凿除缝内水泥砂浆块，将缝壁、缝口冲洗干净，用与混凝土板同标号的水泥砂浆填塞，捣实抹平后，保湿养护不得少于 14 天。

3. 混凝土防渗层板表层损坏的修补

混凝土防渗板表层损坏，如剥蚀、孔洞等，可采用水泥砂浆或预缩砂浆修补，

必要时还可采用喷浆法修补。

表 5-2 伸缩缝填料和裂缝处理材料的配合比及制作方法

用途	材料名称	配合比（重量比）	制作方法
填筑伸缩缝	沥青砂浆	沥青：水泥：砂=1：1：4	按配比将沥青在锅内加热至 180℃，另一锅将水泥与砂边搅边加热至 160℃，然后将沥青徐徐加入水泥与砂的锅内，边倒边搅拌，直至颜色均匀一致，即可使用
	焦油塑料胶泥（聚氯乙烯胶泥）	煤焦油：废聚氯乙烯薄膜：癸二酸二辛酯（或 T50）：粉煤灰=100：（15～20）：2（T50 为 4）：30	按配比将脱水煤焦油加温至 110℃～120℃，加入废聚氯乙烯薄膜碎片，癸二酸二辛酯（或 T50），边加边搅约 30min。待材料全部溶化后，加粉煤灰继续加温搅拌，温度达到 110 时即可使用
处理裂缝	过氯乙烯胶液涂料	过氯乙烯：轻油=1：5	按配比将过氯乙烯加入轻油中，溶化 24h 即可使用
	煤焦油沥青填料	煤焦油：30 号沥青：石棉绒：滑石粉=3：1：0.5：0.8：0.8	按配比将沥青加入煤焦油中，加温至 120℃～130℃。待全部溶化后，加入石棉绒和滑石粉，搅拌均匀后，即可使用

注：1. 煤焦油宜采用煤 3 或煤 5，优先采用煤 3。

2. 制作焦油塑料胶泥所用的废聚氯乙烯膜，应洗净，晾干，撕碎后再使用。如制作聚氯乙烯胶泥，仅用新鲜的聚氯乙烯粉代替废聚氯乙烯膜即可。前者价低，宜优先选用。

3. 制作中应防火，注意安全

① 水泥砂浆修补

首先必须全部除掉已损坏的混凝土，并对修补部位进行凿毛处理，冲洗干净，然后在工作面保持湿润状态的情况下，将拌好的砂浆用木抹抹到修补部位，反复压平，用铁抹抹光后，保湿养护不少于 14 天。当修补部位深度较大时，可在水泥砂浆中掺适量砾料，以减少砂浆干缩和增强砂浆强度。

② 预缩砂浆修补

预缩砂浆是经拌合好之后再归堆放置 30～90min 才使用的干硬性砂浆。当修补面积较小时，如无特殊要求，应优先采用。

拌制方法是：先将按配比（灰砂比 1：2 或 1：2.5）称量好的砂、水泥混合拌匀，再掺入加气剂的水溶液翻拌 3～4 次（此时砂浆仍为松散体，不是塑性状态），归堆放置 30～90min，使其预先收缩后，即能使用。水灰比（一般为 0.32 或 0.34）

应根据天气阴晴、气温高低、通风情况等因素适当调整。现场鉴定砂浆含水量多少的方法，是用手能将砂浆握成团状，手上有潮湿而又无水析出为准。由于加水量少，要注意水分均匀分布，防止阳光照射，避免出现干斑而降低砂浆质量。

修补时，先将修补部位的损坏混凝土清除，进行凿毛、冲洗干净后，再涂一层厚 1mm 的水泥浆(水灰比为 0.45~0.50)，然后填入预缩砂浆，并用木锤捣实，直至表面出理少量浆液为止，最后用铁抹反复压平抹光，并盖湿草袋、洒水养护。

③ 喷浆修补

喷浆修补是将水泥、砂和水的混合料，经高压通过喷头喷射至修补部位。目前多用干料法喷浆修补。

4. 混凝土防渗层的翻修

混凝土防渗层损坏严重，如破碎、错位、滑坍等，应拆除损坏部位，处理好土基，重新砌筑。砌筑时要特别注意将新旧混凝土的接合面处理好。接合面凿毛冲洗后，需涂一层厚 1mm 的水泥净浆，才能开始砌筑混凝土。砌筑好的混凝土，要注意保湿养护。

翻修中拆除的混凝土要尽量利用。如现浇板能用的部分可以不拆除；预制板能用的，尽量重新使用；破碎了的混凝土，能用的石子，也可作混凝土骨料使用等。